

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: Strojírenství
Zaměření: Řízení výroby

ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY VÝROBY HNANÉHO HŘÍDELE PRO PŘEVODOVKU MQ 200 v ŠKODA AUTO a.s. ZÁVOD MLADÁ BOLESLAV

INCREASE THE VOLUME OF PRODUCTION OF THE OUTPUT SHAFT OF THE GEAR-BOX, TYPE MQ 200 FOR THE ŠKODA AUTO a.s. COMPANY, MLADÁ BOLESLAV

KOM - 972

Libor Heřman

Vedoucí práce:

Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.

Konzultant:

Ing. Pavel Šimek - Škoda Auto a.s.

Počet stran: 65

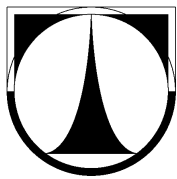
Počet příloh 3

Počet tabulek: 11

Počet obrázků: 32

Počet grafů: 7

23.05.2011



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Libor HEŘMAN**

Studijní program : B2341 Strojírenství

Obor : 2301R030 Výrobní systémy

Zaměření : Řízení výroby

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje bakalářskou práci na téma:

**Zvýšení produktivity výroby hnaného hřídele pro převodovku MQ 200
v ŠKODA AUTO a.s., závod Mladá Boleslav**

Zásady pro vypracování :
(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Shrnutí poznatků o výrobě pastorků pro převodovku MQ 200.
2. Analýza stávajícího stavu výroby pastorků.
3. Návrh řešení pro zvýšení produktivity výroby pastorků pro převodovku MQ 200.
4. Realizace řešení.
5. Hodnocení navrhovaného řešení a porovnání se stávajícím způsobem výroby pastorků.
6. Shrnutí a zhodnocení dosažených výsledků a vyvození závěrů.

Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva : cca 30 stran textu
- grafické práce : obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby

Seznam literatury (uved'te doporučenou odbornou literaturu) :

1. ZELENKA, A., PRECLÍK, V., HANINGER, M. *Projektování procesů obrábění a montáží*. 2. vyd. ČVUT, 1999. ISBN 80-01-02013-4.
2. ZELENKA, A. *Projektování výrobních procesů*. 1. vyd. ČVUT, 1983. ISBN - .
3. VINGER, M., ZELENKA, A., KRÁL, M. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vyd. Vydavatelství technické literatury SNTL Praha, 1984. ISBN - .
4. Firemní podklady.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Pavel Šimek – vedoucí výroby převodovek
ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav

L.S.

Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.
vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Malý,
děkan

V Liberci, dne 23.05.2011

**ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY VÝROBY HNANÉHO HŘÍDELE
PRO PŘEVODOVKU MQ 200 v ŠKODA AUTO a.s.
ZÁVOD MLADÁ BOLESLAV**

ANOTACE:

Bakalářská práce se zabývá novými opatřeními, která by vedla ke zvýšení produktivity výroby hnaného hřídele pro převodovku MQ 200 v Škoda Auto a.s., závod Mladá Boleslav. Hlavním cílem je návrh nového stavu v organizaci strojů a obsazení operátorů na jednotlivých výrobních operacích.

**INCREASE THE VOLUME OF PRODUCTION OF THE OUTPUT SHAFT
OF THE GEAR-BOX, TYPE MQ 200 FOR THE ŠKODA AUTO a.s.
COMPANY, MLADÁ BOLESLAV**

ANNOTATION:

This bachelor thesis focuses on new provisions which will increase the volume of production of the output shaft of the gear-box, type MQ 200, for the Škoda Auto a.s. company, Mladá Boleslav. The main goal of this thesis is to propose: a new layout for the production machines and how they are to be operated by their operators, during the manufacturing process.

Klíčová slova: ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY, MQ 200, HNANÝ HŘÍDEL
Key words: INCREASING PRODUCTIVITY, MQ 200, OUTPUT SHAFT

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2011

Archivní označ. zprávy:

Počet stran:	65
Počet příloh	3
Počet tabulek:	11
Počet obrázků:	32
Počet grafů:	7

PROHLÁŠENÍ

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

23.05.2011

.....

Libor Heřman

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. Štěpánce Dvořáčkové Ph.D. za poskytnutí cenných rad a důležitých informací.

Dále bych chtěl poděkovat konzultantovi práce Ing. Pavlu Šimkovi a Bc. Davidu Raduškovi ze ŠKODA AUTO a.s., závod Mladá Boleslav za jejich ochotu při řešení této práce.

V poslední řadě děkuji svojí rodině za všestrannou podporu.

OBSAH

1. Úvod.....	8
2. Teoretická část.....	10
2.1 Výroba agregátů ve Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav.....	10
2.1.1 Současná výroba agregátů	11
2.1.2 Výroba převodovek MQ 200.....	12
2.2 Převodovka MQ 200	15
2.2.1 Konstrukce převodovky MQ 200	16
2.3 Výroba hnaného hřídele převodovky MQ 200	22
2.3.1 Výrobní operace	23
2.3.2 Popis výrobního střediska hnaného hřídele	31
3. Metodika řešení problému.....	35
3.1 Produktivita	35
3.2 Měření spotřeby času	36
3.2.1 Způsob měření a hodnocení výsledků.....	39
4. Vlastní řešení	42
4.1 Analýza současného stavu.....	42
4.2 Navrhovaná opatření pro zvýšení produktivity	46
4.2.1 Rozbor opatření A	47
4.2.1.1 Provedené úpravy opatření A.....	47
4.2.2 Rozbor opatření B	49
4.2.2.1 Provedené úpravy opatření B.....	49
4.2.3 Rozbor opatření C.....	51
4.2.3.1 Provedené úpravy opatření C.....	51
4.3 Popis výrobního střediska po aplikaci daných opatření.....	52
4.3.1 Ekonomické zhodnocení	55
5. Diskuse výsledků	57
6. Závěr	61
Seznam použité literatury.....	62
Seznam příloh.....	63
Seznam obrázků, grafů a tabulek.....	64

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

MQ 200	Typ převodovky pro přenos kroutícího momentu motoru do 200 Nm
VW	Volkswagen
M2	Výrobní hala komponentů MQ 200
M6	Montážní hala MQ 200
HTP	3-válcový zážehový motor 1.2l
TSI	4-válcový přeplňovaný zážehový motor 1.2l
TDI CR	4-válcový vznětový motor Common Rail 2.0l
MQ 100	Typ převodovky pro přenos kroutícího momentu motoru do 120 Nm
A00	Označení třídy vozidel skupiny mini
A	Označení vozidel nižší střední třídy
KPO	Kontrolní plán operace
CNC	Počítačem řízený stroj
TPM	Autonomní údržba
TP	Technologický postup
Op.	Operace
TK	Technická kontrola
KMS	Kontrolní měrové středisko
OHV	Typ ventilového rozvodu motoru
NS 2142	Nákladové středisko hnaného hřídele
kW	Jednotka výkonu
Nm	Jednotka momentu síly
Kg	Jednotka hmotnosti
02T 311 205 P	Výrobní číslo hnaného hřídele

1. Úvod

V současné době, kdy se celý průmyslový svět úspěšně zotavuje z hospodářské krize je pro budoucí přežití velmi důležité zachytit rostoucí trend výroby a prodeje v automobilovém průmyslu a na této vlně se pokud možno udržet s cílem navýšení objemu prodeje a zvýšení zisků.

Hlavním kritériem zákazníků při uvažované koupi nového automobilu hraje především cena, proto automobilové společnosti hledají možnosti a opatření k jejímu snížení. Jednou z možností je neustálé zlepšování procesů výroby, snižování výrobních časů a zvyšování produktivity s cílem úspory výrobních nákladů.

Předkládaná bakalářská práce se zabývá časovou studií a návrhem na opatření vedoucím ke zvýšení produktivity výroby hnaného hřídele pro převodovku MQ 200 ve firmě Škoda Auto a.s., závod Mladá Boleslav.

Cílem bakalářské práce je navrhnout jednotlivá opatření za účelem rovnoměrného vytížení operátorů ve výrobním středisku hnaného hřídele převodovky MQ 200, při současném využití co nejnižších nákladů na realizaci, zlepšení ergonomie, materiálového toku a zkrácení neproduktivních časů.

Požadavkem zadavatele je zvýšení produktivity nejméně o 10% oproti současnému stavu výroby hnaného hřídele převodovky MQ 200.

Bakalářská práce je rozdělena do části teoretické a experimentální. Úvodní teoretická část popisuje výrobu agregátů ve společnosti Škoda Auto a.s., závod Mladá Boleslav a dále konstrukci převodovky MQ 200.

V následující části se nachází popis jednotlivých výrobních operací hnaného hřídele převodovky MQ 200.

Experimentální část je tvořena popisem metodiky časové studie použité při analýze výrobního střediska. Analýza spočívá v měření časů operátorů s jejich následným vyhodnocením.

Zjištěné hodnoty jsou zapsány do přehledných tabulek a zobrazeny v grafech. Po analýze těchto hodnot jsou navrženy opatření s cílem zvýšení produktivity. Vše je doprovázeno komentářem.

Podklady pro zpracování bakalářské práce byly získány z několika různých zdrojů.

V teoretické části bylo čerpáno z odborných internetových stránek zabývajících se touto problematikou a odborné literatury. Konkrétní výčet je uveden v seznamu použité literatury.

Zdrojem praktických informací byl dlouhodobý pobyt v oddělení Výroba převodovky ve Škoda Auto a.s., závod Mladá Boleslav.

Dalšími potřebnými a cennými zdroji informací byly interní materiály společnosti této společnosti.

2. Teoretická část

Cílem této bakalářské práce je zvýšení produktivity výroby hnaného hřídele pro převodovku MQ 200 ve firmě Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav. Z toho důvodu je pro ucelený obsah v této části uveden popis historie výroby agregátů, která výrobu převodovek zahrnuje a dále konstrukce a popis samotné převodovky MQ 200.

2.1 Výroba agregátů ve Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav

Z historického hlediska závodu Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav předcházela firma Laurin & Klement, která byla založena roku 1895, kdy knihkupec a prodejce kol Václav Klement a strojní zámečnický Václav Laurin začali v Mladé Boleslavi vyrábět jízdní kola pod značkou Slavia. Výroba a prodej se brzy rozšířily tak, že v roce 1898 postavili oba podnikatelé vlastní malou továrnu.

V roce 1899 zahájili výrobu motocyklů Laurin & Klement a od roku 1905 vyráběli také automobily, prvním automobilem byla Voituretta s označením „A“ (viz obr. 2.1) s dvouválcovým motorem o objemu 1005 cm³. V období roku 1907 došlo k rozšíření závodu, přeměně firmy na akciovou společnost a byla zrušena výroba motocyklů.

Roku 1912 byla k firmě L&K připojena liberecká automobilka RAF, čímž byla získána licence na výrobu dalších typů motorů. Tajemství úspěchu se skrývalo mimo jiné i v účasti na závodech a soutěžích. Kromě osobních automobilů nejrozličnějších kategorií vyráběla firma L&K autobusy, nákladní vozy, motorové pluhy a stacionární motory.

V roce 1925 byla firma L&K začleněna do Škodových závodů a nově vyvinuté automobily nesly značku Škoda. Původní modely dostaly označení Škoda i Laurin & Klement.

Roku 1930 se produkce automobilů v rámci koncernu Škoda opět rozdělila. Vznikla samostatná Akciová společnost pro automobilový průmysl.

Této společnosti se po odeznění světové hospodářské krize opět podařilo uspět na mezinárodním automobilovém trhu. Tento vývoj však brzy přerušila 2. světová válka, jež ochromila civilní program a výrobu zaměřila na vojenské potřeby. Škoda se stala součástí německého koncernu Hermann - Göring – Werke a musela se plně orientovat na válečnou výrobu [1,2].

Pro vývoj agregátů byl přelomovým rok 1964, kdy se rozběhla produkce nového vozu s motorem vzadu – řady MB. Blok jeho čtyřválcového motoru OHV o objemu 988 cm^3 byl vyráběn jako první v Evropě metodou tlakového lití hliníku do ocelové formy. Jednalo se o mimořádně úsporný a efektivní způsob nabízející nejlepší využití materiálu a zároveň energeticky úsporný. Některé otvory v bloku byly tak přesné, že se do nich už přímo řezaly závity. Tento motor se v přepracované verzi (viz obr. 2.2) o objemu 1397 cm^3 dostal až do první generace modelu Škoda Fabia.



Obr. 2.1 Voituretta typu A



Obr. 2.2 Motor Škoda OHV

2.1.1 Současná výroba agregátů

V současné době pod oddělení Výroby agregátů Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav spadají hutní provozy, výroba převodovek, výroba motorů, výroba náprav, logistika/řízení koncernových agregátů a technický servis. Výroba motorů byla v nynější podobě zahájena 20. 12. 2001.

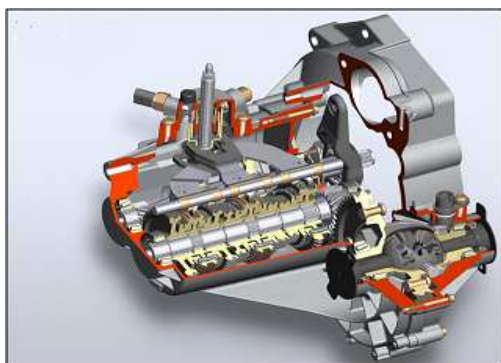
Z důvodu potřeby motorů byla vystavěna nová hala s označením M6. V současné době výrobní linky produkuje 2 350 motorů za den.

Jedná se o dvě výkonová provedení zážehového tríválcového motoru 1.2 HTP s výkony 44 kW a 51 kW a od roku 2010 také zážehového přeplňovaného motoru 1.2 TSI ve výkonových verzích 63 kW a 77 kW. Dále se zde dokončuje montáž vznětových motorů TDI CR [3]. Nynější výroba motorů zaměstnává cca. 600 pracovníků.

Převodovky se v současné podobě vyrábějí v Mladé Boleslavi od 01. 01. 2001. Hlavním produktem automobilky je manuální pětistupňová převodovka MQ 200, které se již od začátku produkce vyrobilo více než 4 mil.

V současnosti se dokončuje příprava výroby převodovky MQ 100 (viz obr. 2.3) do nové řady vozu koncernu VW New Small Family, kde se objeví v novém voze VW UP (viz obr. 2.4) a současně v jeho upravené verzi pod značkou Škoda Auto a.s. a SEAT.

Tato převodovka obsahuje o jednu pětinu méně dílů, než v současnosti vyráběná převodovka MQ 200, což s sebou přináší výrazné úspory hmotnosti. Plánovaná denní výroba čítá 1 000 kůsu převodovky MQ 100 denně.



Obr. 2.3 MQ 100



Obr. 2.4 VW UP

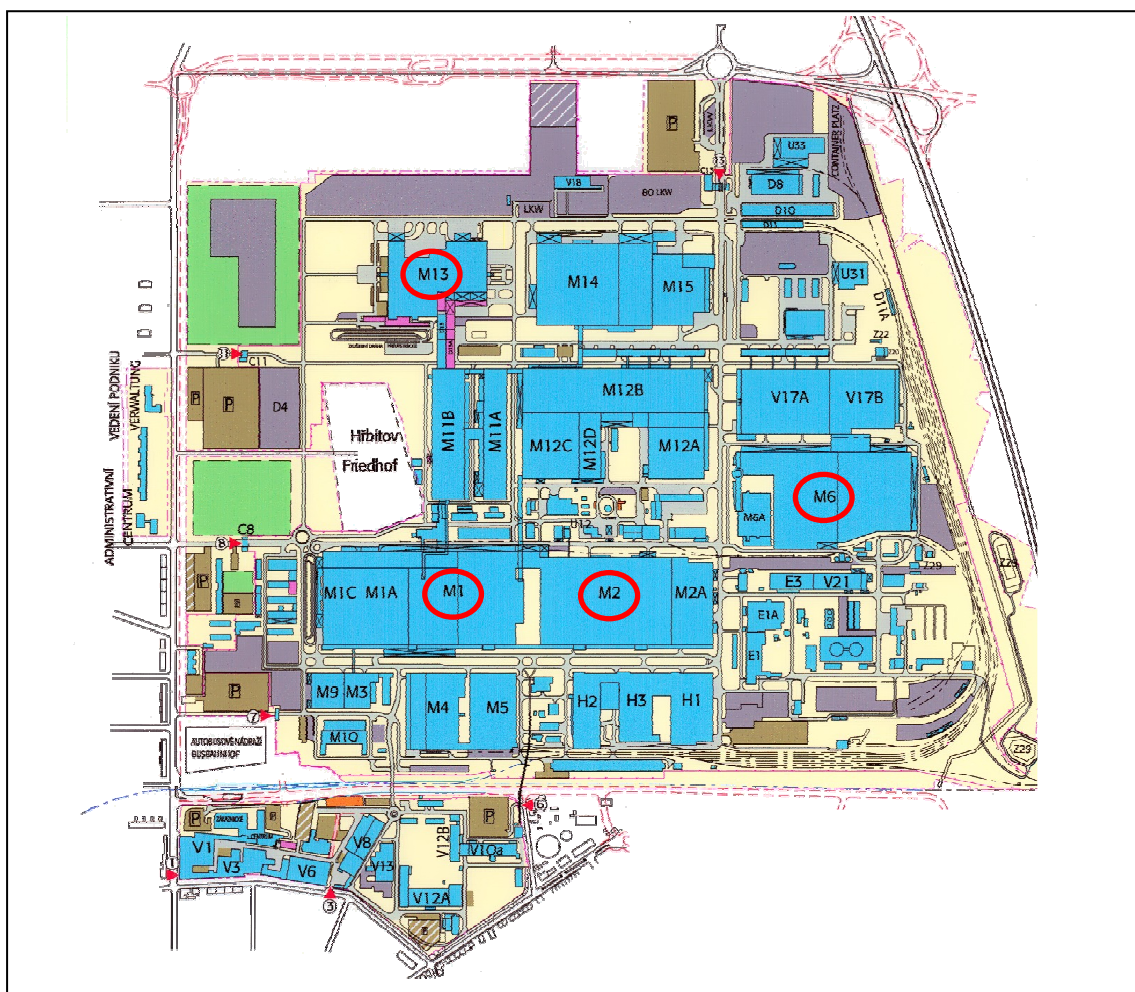
2.1.2 Výroba převodovek MQ 200

Výroba převodovky MQ 200 byla v závodě Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav zahájena 08. 08. 2000, vstupní investice za strojní a hutní zařízení činily 140 000 000 Euro.

V současné době tvoří kmenový personál 572 pracovníků v dělnických profesích a 35 pracovníků v technických profesích.

Kolísání v objemech výroby a potřeba krátkodobého personálu ve výrobě je zajišťována agenturními pracovníky. Objem výroby převodovek MQ 200 činí nyní ve tří-směnném režimu 2 600 kusů denně.

Plán závodu (viz obr. 2.5) firmy Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav znázorňuje polohu jednotlivých výrobních hal a budov, ve kterých se nacházejí příslušné útvary.



Obr. 2.5 Plán závodu Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav

kde:

M2 výroba převodovky MQ 200

M1 montáž vozu Škoda Fabia

M6 montáž převodovky MQ 200

M13 montáž vozu Škoda Octavia

Výroba převodovky MQ 200 se uskutečňuje v prostorách haly M2 (viz obr. 2.6). Tato hala zaujímá celkovou plochu 17 887 m² a dochází zde k obrábění a tepelnému zpracování ozubených kol, hřídelů a dílů synchronizace. Vybavení tvoří 164 strojů a zařízení. Základní popis nejdůležitějších strojů zajišťujících výrobu hnaného hřídele převodovky MQ 200 v hale M2 včetně fotodokumentace je uveden v následujících kapitolách.



Obr. 2.6 Hala M2 Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav

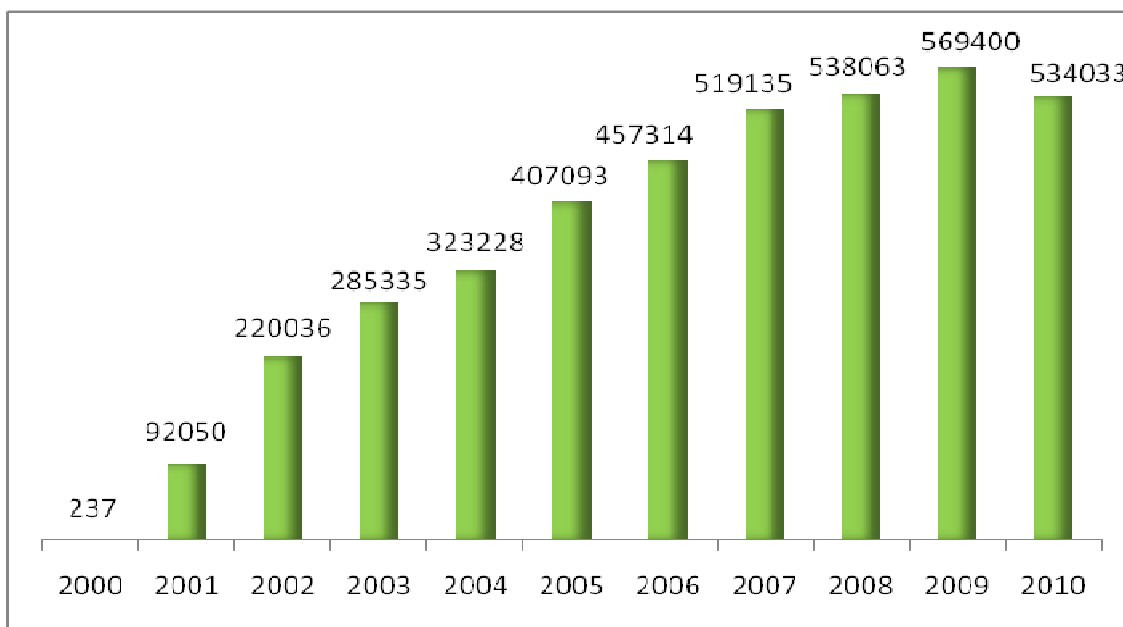
Montáž převodovky MQ 200 je prováděna v hale M6 (viz obr. 2.7), kde se také zajišťuje výroba skříňových dílů. Počet strojů podílejících se na výrobě činí 72 kusů. Dále jsou zde dvě montážní linky pro převodovky MQ 200 a linka nové převodovky MQ100.



Obr. 2.7 Hala M6 Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav

První převodovka byla v této hale smontována 08. 08. 2000 a jak je patrné z grafu 2.1, do roku 2009 výroba neustále stoupala. Vlivem dozrívající krize v automobilovém průmyslu však došlo na začátku roku 2010 k poklesu zájmu zákazníků o vozy segmentu nižší třídy vybavené touto převodovkou a tím i k poklesu produkce.

Výhledově se v dalších letech očekává výrazný růst výroby převodovek. K tomuto nárůstu výroby by měla přispět nová převodovka DQ 200, která se bude vyrábět v pobočném závodě Škoda Auto a.s., Vrchlabí v počtu 1 000 kusů denně. Jedná se o přímo řazenou sedmistupňovou automatickou převodovku označovanou zkratkou DSG.



Graf 2.1 Produkce převodovek MQ 200

2.2 Převodovka MQ 200

Převodovka je v pohonu zařazena mezi spojku a rozvodovku. Úkolem je převádění točivého momentu motoru a změna počtu otáček motoru. Dále převodovka umožňuje použití volnoběžných otáček motoru u stojícího vozidla a změnu směru otáčení při zpětném chodu vozidla. Aby se pro provoz motorového vozidla mohly využít motorem předávané točivé momenty a počty otáček, je třeba, aby se měnily.

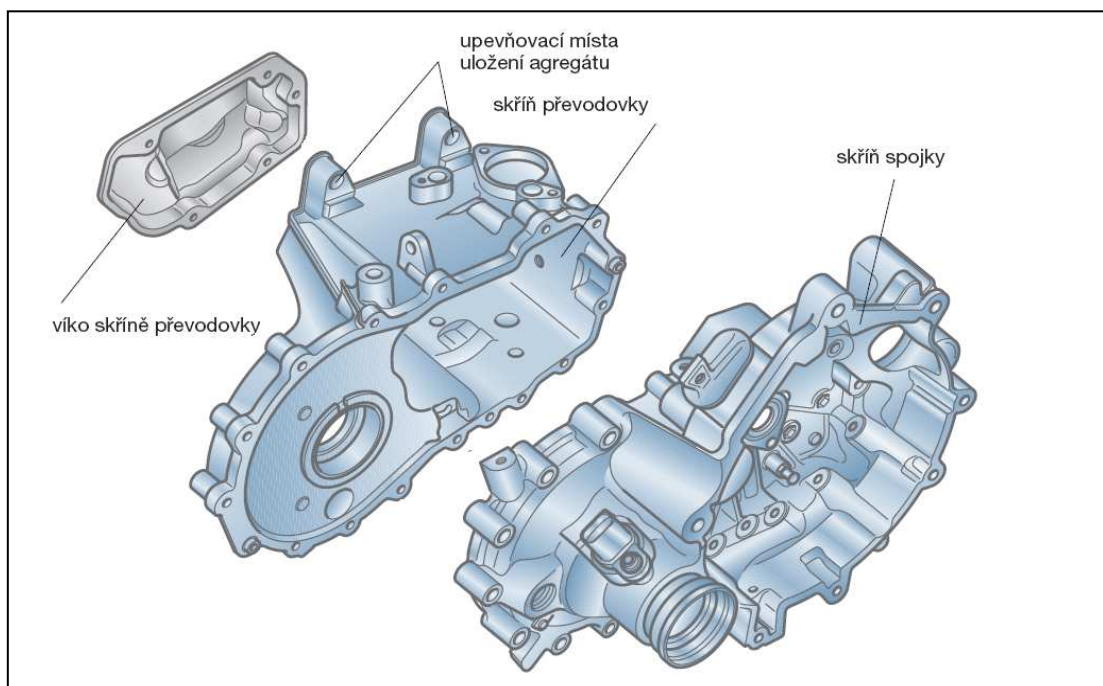
Proto se různými převodovými stupni v převodovce přes rozvodovku dosahuje na hnacích kolech požadovaného počtu hnacích otáček a točivých momentů [5].

2.2.1 Konstrukce převodovky MQ 200

Z konstrukčního hlediska se jedná o mimořádně lehkou převodovku řady MQ 200. Jak již je patrné z označení tato převodovka se hodí k motorům s točivým momentem až 200 Nm. Používá se ve vozech Škoda Auto a.s. a koncernu VW od třídy A00 až po třídu A.

Jde o 5-ti stupňovou manuální převodovku se skříní ze slitiny hliníku. Celková hmotnost je 33 kg. Z důvodu zamezení přenosu vibrací a kmitání z agregátu je převodovka vybavena lankovým řazením. Ovládání spojky je hydraulické.

Skříň převodovky (viz obr. 2.8) je tvořena dvěma částmi a to skříní převodovky a skříní spojky. Směrem ven je skříň uzavřena víkem a na vrchní části skříně jsou umístěny upevňovací místa pro konzolu uložení agregátu a ve spodní části uchycení pro připevnění kyvné vzpěry.



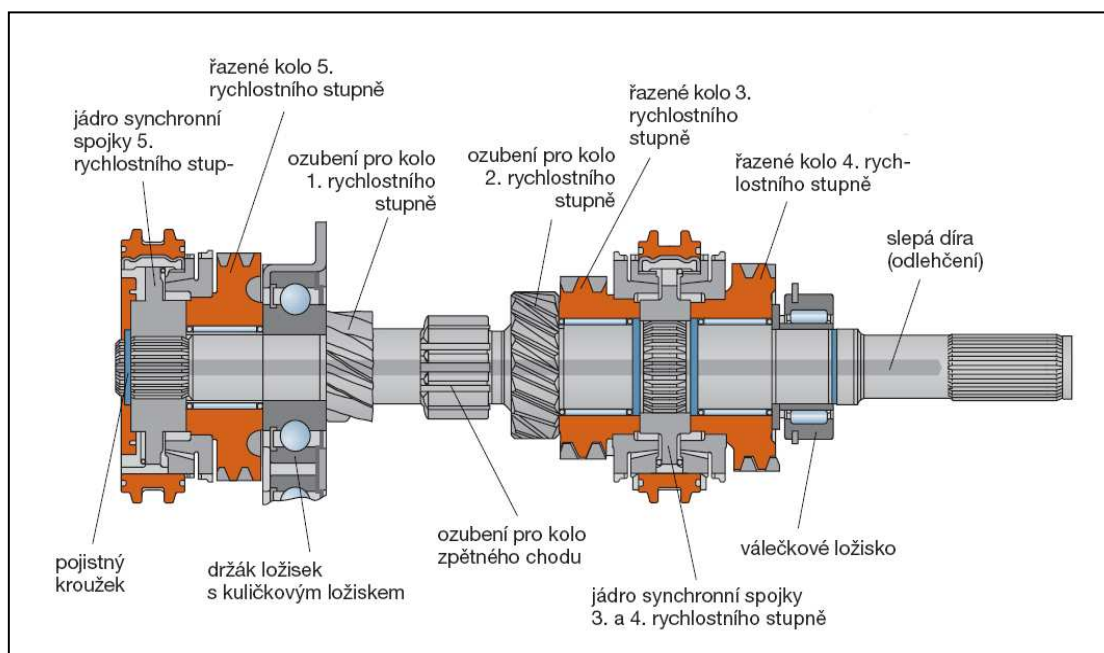
Obr. 2.8 Skříň převodovky MQ 200 [7]

Vnitřní uspořádání tvoří dva hlavní hřídele a hřídel s kolem zpětného chodu. Ozubená kola na hnacím a hnaném hřídeli mají šikmé ozubení a jsou v trvalém záběru. Kolo zpětného chodu má ozubení s přímými zuby.

Řazená kola 1. a 2. rychlostního stupně jsou na hnaném hřídeli a mají zdvojenou synchronizaci, řazená kola 3., 4. a 5. rychlostního stupně jsou na hnacím hřídeli.

Hnací hřídel (viz obr. 2.9) je uložen ve skříní spojky ve válečkovém ložisku a v držáku ložisek v kuličkovém ložisku. Kvůli snížení hmotnosti, je v jeho ose vyvrtaná slepá díra. Ozubení pro kolo 1. a 2. rychlostního stupně a ozubení pro kolo zpětného chodu jsou vytvořena přímo na hnacím hřídeli.

Řazená kola 3., 4. a 5. rychlostního stupně jsou volná a jsou uložena na jehlových ložiscích. Jádru synchronní spojky 3. a 4. rychlostního stupně a jádro synchronní spojky 5. rychlostního stupně jsou s hnacím hřídelem pevně spojena drážkováním. Jakmile je zařazen rychlostní stupeň, bude s hnacím hřídelem spojeno i příslušné řazené kolo. Řazená kola a synchronní spojky jsou ve svých polohách udržovány pomocí pojistných kroužků.



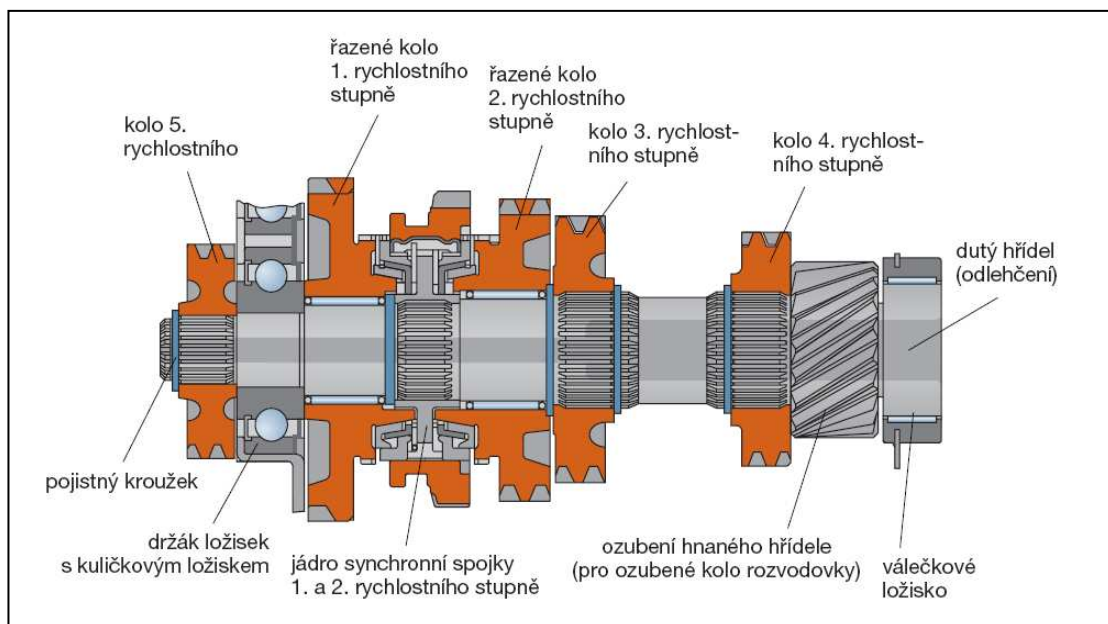
Obr. 2.9 Hnací hřídel převodovky MQ 200 [7]

Další část převodovky MQ 200 tvoří hnaný hřídel, jehož výroba je tématem řešení bakalářské práce.

Hnaný hřídel (viz obr. 2.10) je ve skříni převodovky uložen obdobně jako hnací hřídel a to z jedné strany ve válečkovém ložisku, které je ve skříni spojky uloženo volně a z druhé strany v kuličkovém ložisku, které je v držáku ložisek uloženo pevně.

Řazená kola 3., 4. a 5. rychlostního stupně a jádro synchronní spojky 1. a 2. rychlostního stupně jsou s hnaným hřídelem spojena pomocí drážkování a ve svých polohách jsou zajištěna pojistnými kroužky.

Řazená kola 1. a 2. rychlostního stupně jsou na hnaném hřídeli uložena v jehlových ložiscích. Hnaný hřídel je z důvodu snížení hmotnosti dutý.

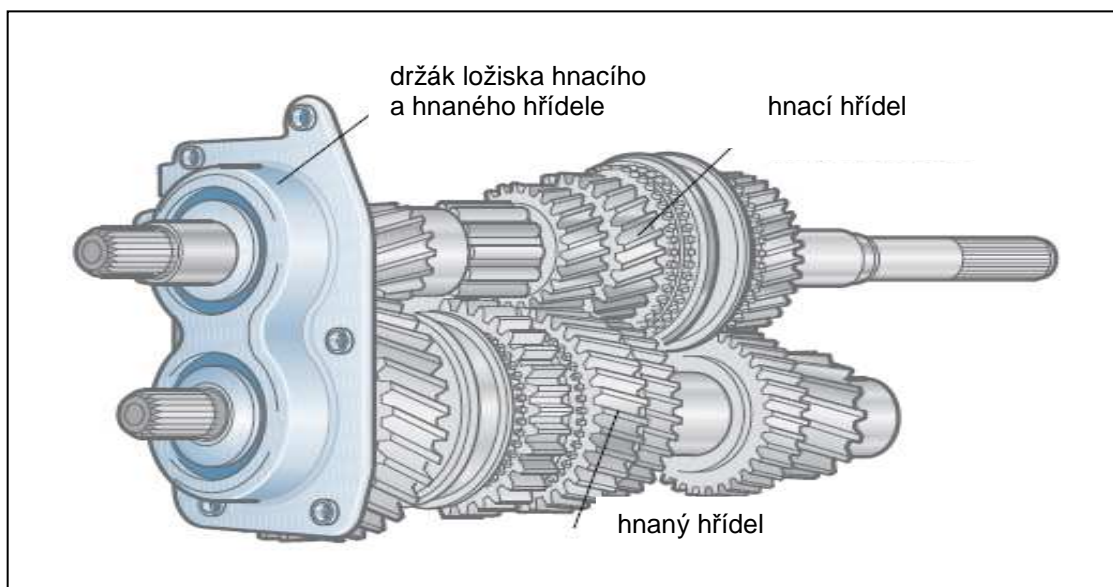


Obr. 2.10 Hnaný hřídel převodovky MQ 200 [7]

Konstrukční novinkou této převodovky je vytvoření modulového systému. Jedním z takových modulů je držák ložiska hnacího a hnaného hřídele (viz obr. 2.11).

Obě kuličková ložiska nejsou nalisována do skříně převodovky, ale jsou nedílnou součástí samostatného dílu - držáku ložisek.

Celý modul, skládající se z držáku ložisek, hnacího a hnaného hřídele se soustavami ozubených kol a synchronizace se sestavuje mimo převodovku. Do skříně převodovky se pak již takto vzniklý modul snadno montuje.



Obr. 2.11 Držák ložisek převodovky MQ 200 [7]

Součástí převodovky MQ 200 je diferenciál (viz obr. 2.12), sloužící k vyrovnávání rozdílného počtu otáček hnacích kol a rozdělování točivého momentu ve stejném poměru na hnací kola.

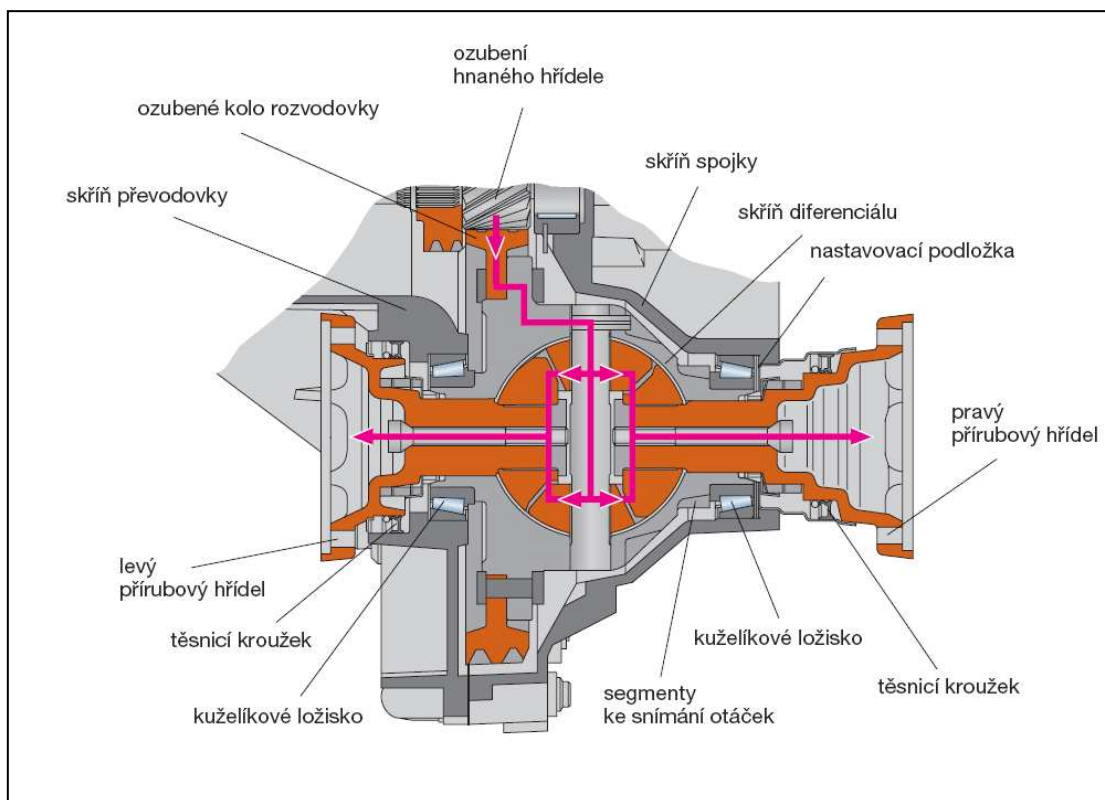
Při projíždění zatáčkou kola motorového vozidla urazí vně zatáčky delší dráhu, než kola uvnitř zatáčky. I různé povrchy silnic způsobují různé dráhy.

Diferenciál tvoří s převodovkou jednu součást a je uložen ve dvou kuželíkových ložiscích. Jedno z ložisek je nalisováno ve skříní převodovky, druhé ve skříní spojky.

Utěsnění skříně diferenciálu je zajištěno těsníci kroužky na přírubových hřídelích. Ozubené kolo rozvodovky je snýtováno se skříní diferenciálu a spárováno s hnaným hřídelem.

Pro jízdu zpět dojde k zařazení kola zpětného chodu mezi hnací a hnaný hřídel a tím se změní směr otáčení hnacího hřídele.

Točivý moment se přenáší přes ozubení hnaného hřídele na ozubené kolo rozvodovky, a tím na diferenciál.



Obr. 2.12 Diferenciál převodovky MQ 200 [7]

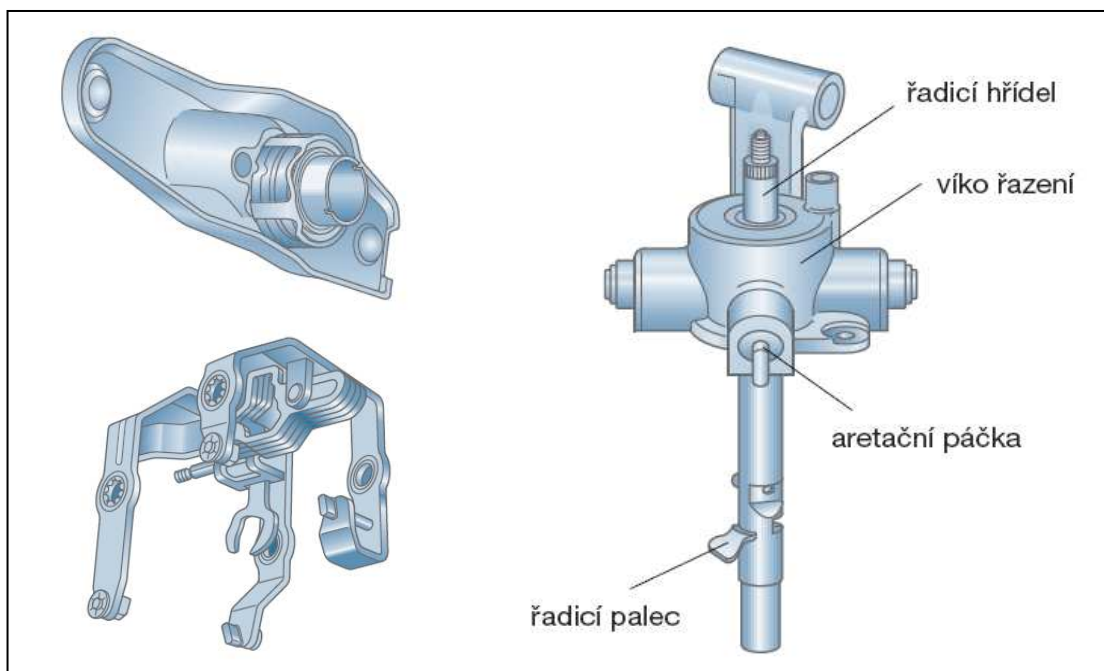
Převodovka MQ 200 využívá modulové konstrukce, kde jednotlivé montážní skupiny (viz obr. 2.13) byly vytvořeny jako moduly, které zjednodušují montáž při výrobě. Montážními celky jsou vypínací páka spojky, tento modul v sobě zahrnuje vypínací páku, vypínací ložisko a vodící pouzdro.

Další montážní skupinu tvoří řadicí hřídel s víkem řazení. V tomto modulu se nacházejí všechny dorazy, pera a vodící prvky řazení a je na něm umístěna i aretační páčka.

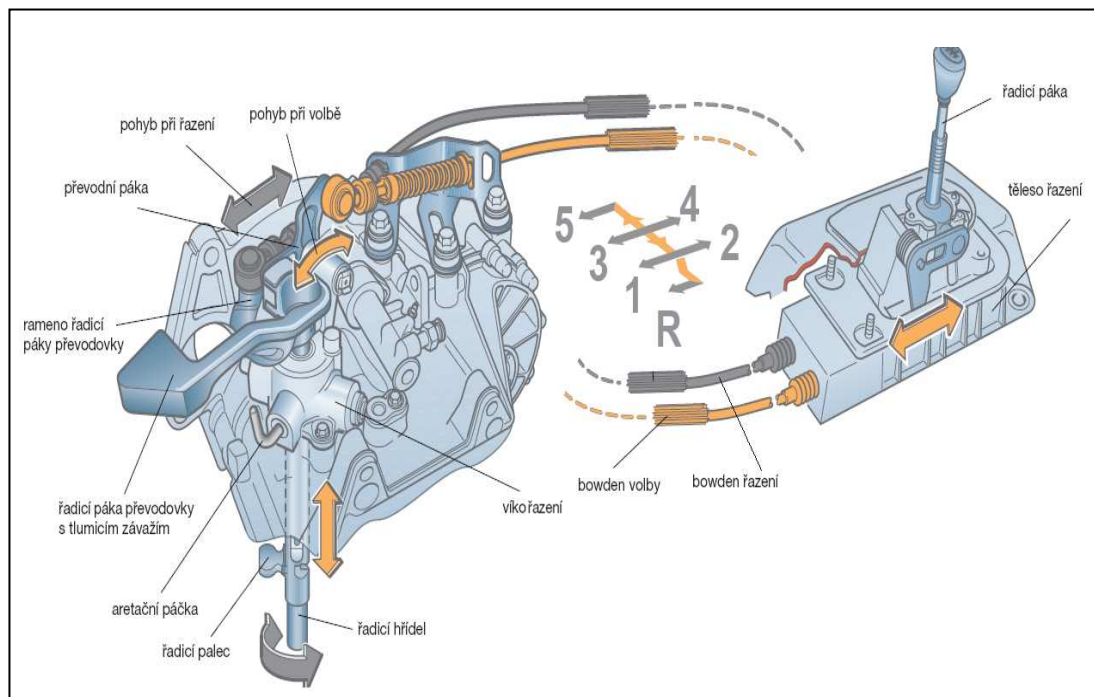
Modulové provedení vnitřního řazení je uskupeno řadicími vidličkami, pákami řazení a uložením.

Vnější řazení převodovky MQ 200 (viz obr. 2.14) je tvořeno řadicí pákou rychlostních stupňů a je s převodovkou propojeno dvěma lanky. Lanka přenášejí pohyby řadicí páky na řadicí hřídel.

Mechanická část, kterou tvoří převodní páka a rameno řadicí páky převádí pohyby obou lanek na pohyb řadicího hřídele a tím dochází k zařazení jednotlivých rychlostních stupňů [6,7].



Obr. 2.13 Modulové skupiny MQ 200 [7]



Obr. 2.14 Řazení převodovky MQ 200 [7]

2.3 Výroba hnaného hřídele převodovky MQ 200

V následující části se nachází popis jednotlivých výrobních operací hnaného hřídele převodovky MQ 200 ve Škoda Auto a.s., závod Mladá Boleslav, jehož výroba je součástí řešení bakalářské práce s cílem zvýšení produktivity výroby.

Tato část popisuje výrobu hnaného hřídele s označením 02T 311 205 P, která se nachází v nákladovém středisku NS 2142.

Výroba hnaného hřídele je spolu s výrobou ozubených kol jednotlivých rychlostních stupňů, hnaného kola rozvodovky, kola zpětného chodu a hnacího hřídele umístěna v hale M2, kde postupně z vývalku vzniká samotný hnaný hřídel. Vývalek je dodán z hutí v ocelových bednách a operátoři zde zajišťují dle technologického postupu jeho výrobu. Současná produkce činí 2 600 ks/den.

Nákladové středisko NS 2142 je sestaveno ze 17 strojů. Je tvořeno 14 obráběcími stroji, 2 pracími stroji, sloužícími k očištění polotovaru hnaného hřídele po jednotlivých výrobních operacích a 1 kontrolním strojem, který slouží k hodnocení hnaného hřídele z hlediska správnosti provedení výroby.

Obráběcí stroje jsou v nákladovém středisku NS 2142 uspořádány do výrobní linky a vybaveny manipulátory a zásobníky obrobků.

Obrobené díly se ukládají do speciálních kovových schránek, které jsou uzpůsobeny tak, aby nedocházelo k jejich poškození. Materiálový tok celou výrobní linkou je zařízen manipulačními vozíky.

Obráběcí stroje jsou zde připojeny k centrálnímu rozvodu elektrické energie a stlačenému vzduchu. Pracoviště jsou vybavena skříněmi na nářadí a ochranné pomůcky. Pro mezioperační měření je u každého stroje měřicí a kontrolní pracoviště, kde se kromě měřidel a kontrolních přípravků nachází také dokumentace pro danou výrobní operaci. Základní dokumentací nutnou pro pracovníka je návodka s výrobním postupem (viz příloha č. 1) a kontrolní plán operace KPO (viz příloha č. 2). V návodce je uveden výrobní postup a veškeré informace, které operátor potřebuje ke své činnosti. Výrobnímu postupu odpovídá CNC program, zadaný ve stroji, podle kterého probíhá obrábění dílu.

Čísla programů pro všechny varianty vyráběných dílů jsou uvedena v návodce a pracovník je v případě změny typu dílu zadává do stroje.

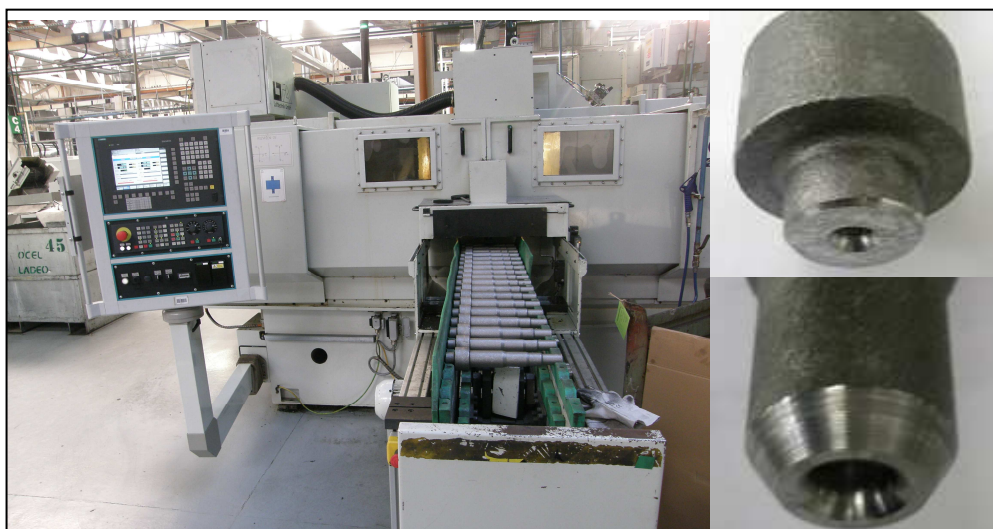
Kontrolní plán operace obsahuje všechna předepsaná měření a kontrolní činnosti na operaci. Předepisuje také četnost měření, měřidlo nebo kontrolní přístroj, na kterém se měření provádí. V kontrolním plánu je také uvedeno, zda se měření zaznamenává, jakou formou a jaký druh formuláře musí pracovník použít k záznamu příslušných rozměrů.

2.3.1 Výrobní operace

Výrobní operace jsou označeny jako operace č. 5, 10, 45, 55, 60, 70, 72, 130, 135, 141, 147, 150. Operace v kalírně jako operace č. 90, 100, 110, 115, 120.

Výrobní operace označená č. 5 je operace navrtávání (viz obr. 2.15). Operátor nejprve vyloží z plechových beden výkovky na dopravník stroje a provede se frézování čelních ploch, poté následuje navrtání středících důlků. Tyto důlky slouží ke správnému upnutí na dalších operacích.

Nástrojem pro operaci navrtávání je středící vrták. Správně navrtaný středící důlek je základní podmínkou pro přesné a spolehlivé upnutí obrobku mezi hroty. Správnost provedení navrtání středících důlku kontroluje operátor dle kontrolního plánu operace.



Obr. 2.15 Operace č. 5 - navrtávání

Následující operací je operace č. 10 – soustružení (viz obr. 2.16). Operátor nejprve vyloží navrtané díly z manipulačního vozíku na dopravník stroje a po té dochází dle technologického postupu k soustružení dílů. Nejprve se soustruží jednotlivé průměry a poté zápichy s přídavkem na broušení. Na tyto plochy budou osazeny jednotlivé rychlostní stupně a pojistné kroužky zajišťující jejich stabilitu.



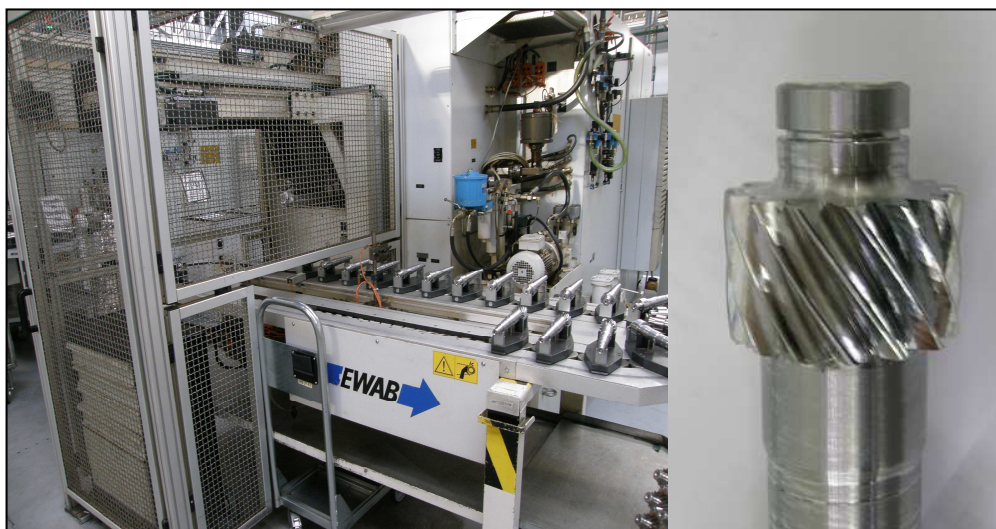
Obr. 2.16 Operace č. 10 - soustružení

Výrobní operace značená č. 45 (viz obr. 2.17) je operace frézování. Na této operaci dochází k frézování hlavního ozubení hnaného hřídele.

Frézování je metoda strojního třískového obrábění rovinných nebo tvarových ploch vícebřitým nástrojem tzv. frézou, pomocí které se vyrábějí rovinné a zakřivené plochy.

Fréza se při práci otáčí kolem své osy a svými zuby po obvodě postupně odebírá třísku proměnného průřezu z obrobku, který se proti nástroji současně posouvá.

Správnost provedení operace kontroluje operátor dle kontrolního plánu operace. Po každé výměně nástroje dochází následně k předání vyrobeného dílu k proměření na měrové středisko, které stanoví správnost provedení dané operace.



Obr. 2.17 Operace č. 45 - frézování

Dle procesu výroby navazuje operace s označením č. 55 - válcování (viz obr. 2.18). Na této operaci dochází k válcování drážkování hnaného hřídele.

Válcování drážek se provádí pomocí tlačného a protitlačného válce. Tyto válce se odvaluje po osoustružených plochách hnaného hřídele a tím dochází ke vzniku drážkování, které slouží ke spojení kol 3., 4. a 5. rychlostního stupně s hnaným hřídelem.



Obr. 2.18 Operace č. 55 - válcování

Výrobní operace značená č. 60 je operace vrtání (viz obr. 2.19). Na této operaci se provádí vyvrtání průchozího otvoru v rotační ose hnaného hřídele z důvodu jeho odlehčení.

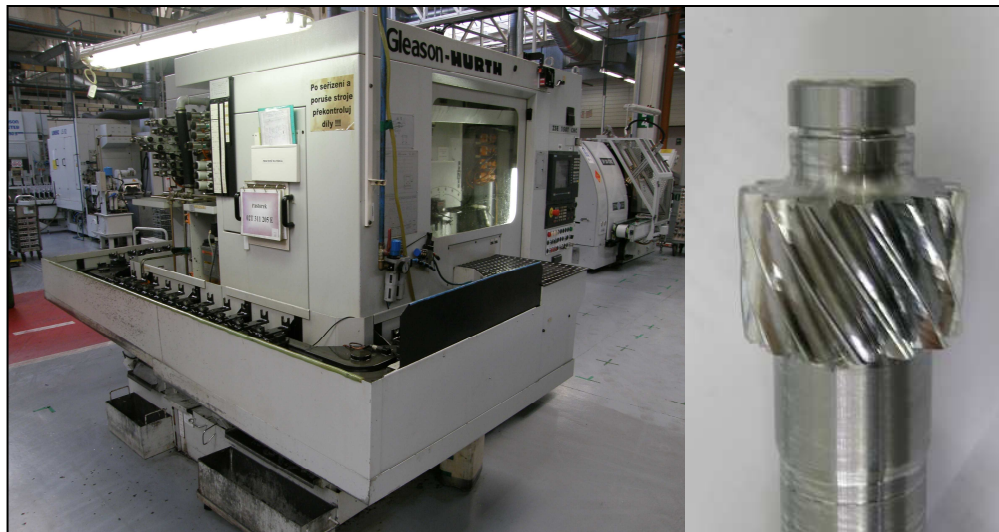
Vrtání je způsob třískového obrábění, při kterém zpravidla dvoubřitý nástroj, relativním otáčivým pohybem vůči obrobku vykonává hlavní řezný pohyb a relativním pohybem ve směru osy nástroje vykonává posuv.



Obr. 2.19 Operace č. 60 - vrtání

Navazující operací na operaci č. 45 - frézování je z hlediska technologického procesu, operace ševingování hlavního ozubení. V technologickém postupu je operace značená č. 70 – ševingování (viz obr. 2.20).

Při této operaci se provádí ševingování hlavního ozubení. Ševingování je technologie, která zajišťuje přesnost a kvalitu povrchu ozubení. Nástrojem je ševingovací kolo nebo hřebec. Zuby nástroje mají na svém povrchu vytvořeny drážky s ostrými hranami. Nástroj a ozubení spolu zabírají a břity nástroje odřezávají z boků zubů velmi jemné třísky.



Obr. 2.20 Operace č. 70 - švingování

Po operaci č. 70 - švingování následuje operace č. 72 - mezioperační praní. Tato operace slouží k očištění polotovaru hnaného hřídele od nečistot.

Díly jsou uspořádány do speciální schránky, ve které se ukládají na dopravník pračky (viz obr. 2.21).

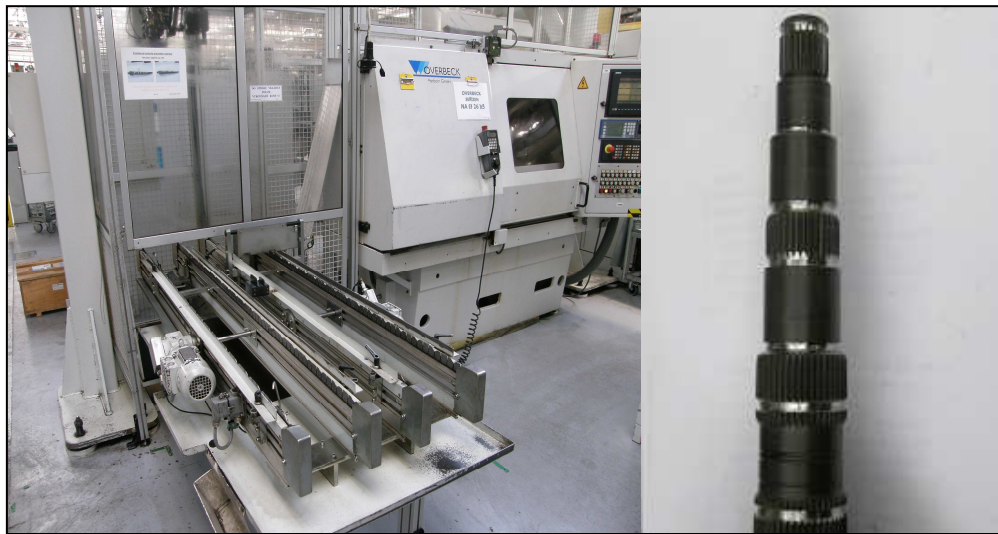
Následuje prací, oplachovací a sušící cyklus, poté se díly znovu naloží na manipulační vozík a odvezou k chemicko-tepelnému zpracování. Tyto operace se nachází mimo výrobní středisko hnaného hřídele a nebudou tedy uvažovány při hledání možností zvyšování produktivity.



Obr. 2.21 Operace č. 72 – mezioperační praní

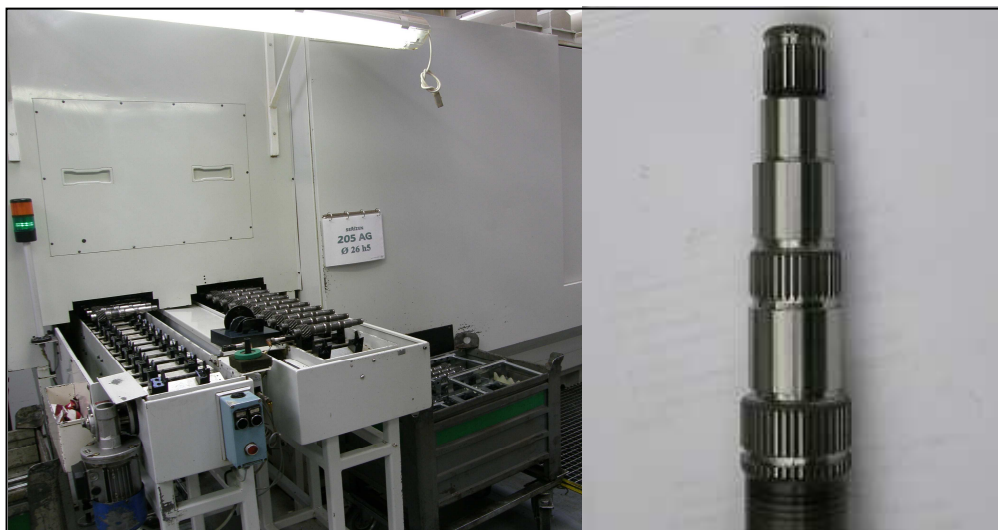
Na operaci označené č. 130 dochází k broušení (viz obr. 2.22). Pomocí brusných kotoučů zde dojde k broušení zápichů pro pojistné kroužky, které zajišťují správnou polohu ozubených kol.

Broušení je dokončovací metoda obrábění rovinných ploch, válcových nebo tvarových vnějších i vnitřních ploch nástrojem, jehož břity jsou tvořeny zrnny tvrdých materiálů navzájem spojených vhodným pojivem.



Obr. 2.22 Operace č. 130 – broušení zápichů

Výrobní operace označená č. 135 (viz obr. 2.23), je operace, při které dochází k broušení průměru hnaného hřídele. Tyto plochy slouží ke správnému zajištění polohy jednotlivých rychlostních stupňů.



Obr. 2.23 Operace č. 135 – broušení průměrů

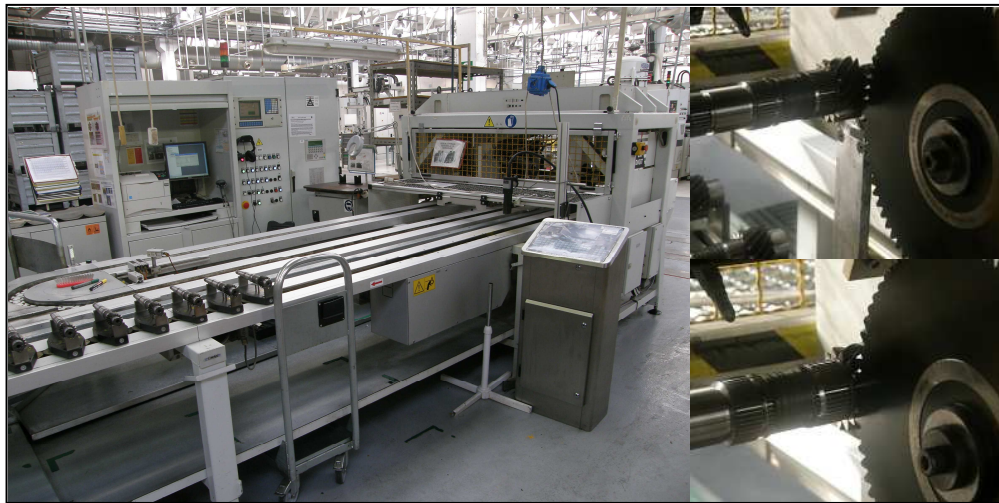
Následující operací je operace č. 141 - lapování (viz obr 2.24). Jde o dokončovací operaci, při které dochází k úběru materiálu účinkem volných zrn brusiva, které se přivádí mezi lapovací nástroj a lapovaný povrch. Řezný pohyb volných zrn je vyvolán pohybem lapovacího nástroje, který je vůči lapované ploše nepravidelný. Proto se zrna brusiva pohybují po stále se měnících drahách, a tím zanikají stopy po předchozím obrábění.



Obr. 2.24 Operace č. 141 – lapování

Po operaci lapování se hnaný hřídel musí znovu zbavit nečistot, proto je v technologickém postupu zařazena operace č. 147 - mezioperační praní. Jedná se o poslední operaci před kontrolou ozubení, která je označena jako operace č. 150 – kontrola ozubení. Z tohoto důvodu musí být díly připraveny ke kontrole čisté. Postup praní je zde shodný s operací č. 72.

Operace č. 150 (viz obr. 2.25) slouží pro zkoušení ozubení dvoubokým odvalem s vyhodnocením hlučnosti a určením poškozených míst na ozubení. Principem dvoubokého odvalu jsou dvě ozubená kola, která se spolu bez vůle společně otáčejí. Vlivem přitlačné síly, působící kolmo na obě osy, zůstává jedna pravá a jedna levá strana v záběru. Osová vzdálenost měřicího vedení je vyhodnocena v průběhu jedné otáčky kola. Metoda napodobuje reálný proces záběru kol.



Obr. 2.25 Operace č. 150 – kontrola ozubení

Následuje vyhodnocení stavu ozubení, kde se díly rozdělí do tří skupin a to na díly dobré, opravitelné a neopravitelné.

Díly označené jako opravitelné lze opravit pneumatickou bruskou nebo ručním brouskem a očistit silonovým kartáčkem. Díl označený jako opravitelný je ihned označen žlutým nesmazatelným popisovačem. A znovu se vrátí k překontrolování na operaci č. 150.

V případě opětovného vyhodnocení dílu jako opravitelného se díl znovu označí další značkou žluté barvy.

Opravené kusy se opět vloží do zásobníku a opět projdou kontrolou ozubení. Předpokládané množství opravovaných kusů je cca. 20%.

U každého kusu se stanoví kontrolní prohlídkou, zda jsou provedeny všechny operace. Každý díl je možno opravovat maximálně 3x, pokud takto opravovaný díl opět nevyhovuje, dojde k jeho vyřazení. Zkontrolované a vyhodnocené hnané hřídele jako dobré díly (viz obr. 2.26) se uloží do plastových schránek a převáží se na montážní linku převodovky MQ 200.



Obr. 2.26 Hnaný hřídel určený k montáži

2.3.2 Popis výrobního střediska hnaného hřídele

V této části je uveden popis výrobních strojů a obsazení jednotlivých výrobních operací. Pro zpřehlednění je v této kapitole uveden layout nákladového střediska NS 2142, ve kterém se nachází výroba hnaného hřídele převodovky MQ 200 s označením 02T 311 205 P.

Layoutem výrobního střediska se rozumí prostorové uspořádání strojů a zařízení. Stroje jsou ve výrobním středisku uspořádány s ohledem na plynulý tok výroby a přesunu dílů mezi jednotlivými operacemi.

Přehled strojů a operací je uveden níže (viz tab. 2.1). V této tabulce je nejprve uvedeno označení s názvem příslušné operace a dále název stroje spolu s jeho pořadovým číslem. Například u operace č. 10 jsou použity 4 stroje označené jako SP 30 CNC, jak již bylo zmíněno, číslo v závorce značí jeho pořadové číslo.

Vzhledem k rozdílné časové náročnosti výroby u jednotlivých operací jsou z těchto důvodů u operace č. 45 a operace č. 135 použity dva stroje a u operace č. 10 stroje čtyři. Operace č. 5, 55, 60, 70, 72, 130, 141, 147 a 150 jsou ve výrobním středisku zastoupeny každá jedním strojem.

U jednotlivých strojů se nachází kontrolní pracoviště (viz obr. 2.27), ve kterém jsou umístěna měřidla sloužící ke kontrole vyráběných dílů a technologický postup dané operace. Další součástí vybavení pracoviště je pracovní skříňka, ve které jsou uloženy řezné nástroje a nářadí pro jejich výměnu.



Obr. 2.27 Kontrolní pracoviště

Tabulka 2.1 Přehled strojů a operací

Operace č.	Název operace	Název stroje
5	navrtávání	JUS-CNC
10	soustružení	SP 30 CNC (1) SP 30 CNC (2) SP 30 CNC (3) SP 30 CNC (4)
45	frézování	PFAUTER (1) PFAUTER (2)
55	válcování	MARBOUX
60	vrtání	UNIOR
70	ševingování	HURT
72	praní	AKTIVIT (1)
130	broušení zápichu	OVERBECK
135	broušení průměru	SAIMP (1) SAIMP (2)
141	lapování	SUPFINA
147	praní	AKTIVIT (2)
150	kontrola ozubení	CM-DIGIT

Výrobní středisko hnaného hřídele je obsazeno 9 operátory v každé ze tří směn. Pracovní fond směny trvá 480 minut včetně 30 minutové přestávky na oddech. Operátoři jsou organizováni do výrobních týmů, které jsou řízeny koordinátory. Týmy jsou rozděleny podle jednotlivých dílů do příslušných směn. Společně zodpovídají za plynulý výrobní proces a kvalitu vyráběných dílů.

Současná výroba představuje 2 600 kusů hnaných hřídelů převodovky MQ 200 za den. Z důvodu rozdílné kapacity strojů, časové náročnosti na obsluhu a seřizování, obsluhuje operátor jeden stroj (jednostrojová obsluha) nebo jsou dva stroje a více strojů obsluhovány jedním operátorem, v tomto případě se jedná o vícestrojovou obsluhu.

Obsazení s jednostrojovou obsluhou je pouze na operaci č. 5 - navrtávání.

Další operace (viz tab. 2.2) jsou již obsazeny operátory, kteří obsluhují 2 stroje. V této tabulce je nejprve uvedeno označení s názvem příslušné operace, dále název stroje spolu s jeho pořadovým číslem a operátor provádějící tyto operace.

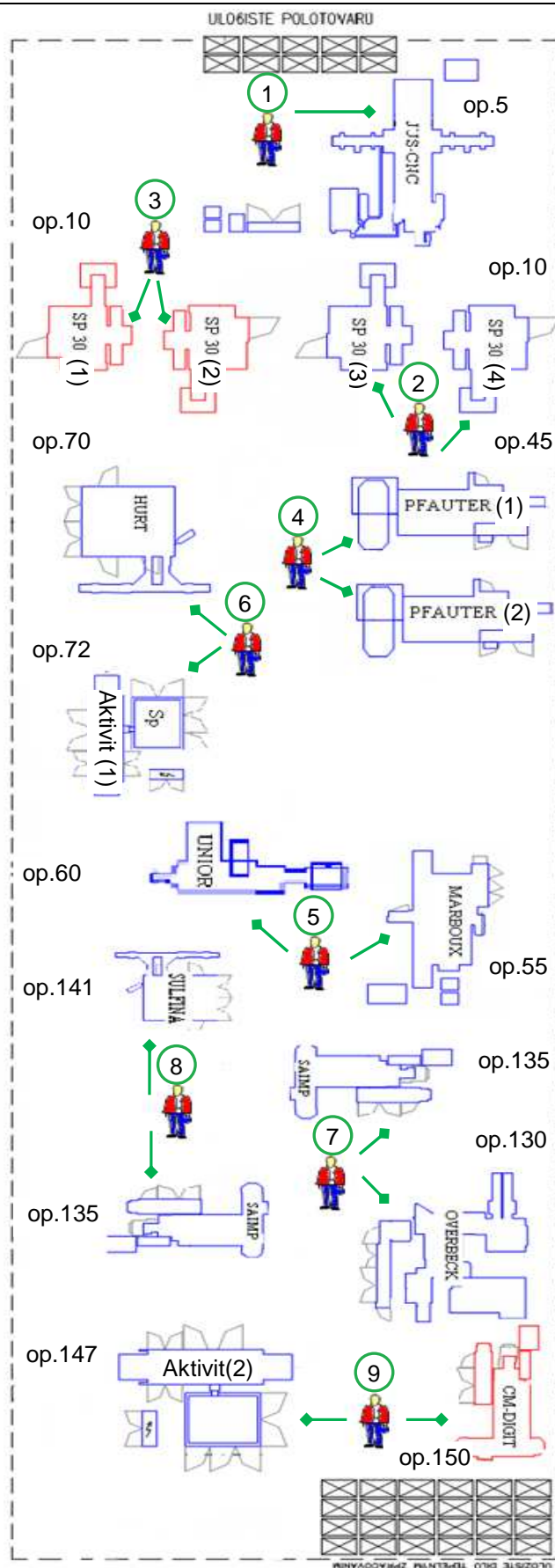
Tabulka 2.2 Obsazení operací

Operace č.	Název operace	Název stroje	Počet operátorů
5	navrtávání	JUS-CNC	1
10	soustružení	SP 30 CNC (1) SP 30 CNC (2)	1
10	soustružení	SP 30 CNC (3) SP 30 CNC (4)	1
45	frézování	PFAUTER (1) PFAUTER (2)	1
55 60	válcování vrtání	MARBOUX UNIOR	1
70 72	ševingování praní	HURT AKTIVIT (1)	1
130 135	broušení zápichu broušení průměru	OVERBECK SAIMP (1)	1
135 141	broušení průměru lapování	SAIMP (2) SUPFINA	1
147 150	praní kontrola ozubení	AKTIVIT (2) CM-DIGIT	1
Celkem			9

Například u operace č. 10 – navrtávání je zavedena jednostrojová obsluha tzn. jeden operátor obsluhuje jeden stroj s označením JUS-CNC.

O vícestrojovou obsluhu se jedná na operaci č.10 - soustružení, zde obsluhuje jeden operátor dva stroje označené jako SP 30 CNC (1) a SP 30 CNC (2). Druhý operátor z této operace obsluhuje také dva totožné stroje s označením SP 30 CNC (3) a SP 30 CNC (4).

Layout výrobního střediska hnaného hřídele (viz obr. 2.28), je uveden níže a znázorňuje prostorové uspořádání strojů a zařízení.



Obr. 2.28 Výrobní středisko hnaného hřídele

3. Metodika řešení problému

V této kapitole bude uvedena problematika měření spotřeby časů operátorů, způsob měření a hodnocení výsledků. Dále zde bude ve stručnosti uveden význam produktivity a způsob výpočtu použitý v rámci řešení této práce. Cílem bude navrhnout nová opatření vedoucí ke zvýšení produktivity výroby hnaného hřídele převodovky MQ 200 ve Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav.

3.1 Produktivita

Produktivita je definována jako poměr výstupů daného procesu k jeho vstupům. Vyšší produktivita znamená dosáhnout více se stejnými zdroji a nebo dosáhnout vyšší výstup, např. větší počet kusů nebo lepší kvalitu ze stejného vstupu. Z manažerského pohledu je zvyšování produktivity spojeno se snižováním nákladu na výrobek. Tedy lze vyrobit více a rychleji, ale také i levněji.

Ukazatelé produktivity práce můžeme rozdělit z hlediska výroby a z hlediska ekonomiky.

1) Výrobní hledisko:

- stav výroby na počtu zaměstnanců,
- vyrobené vozy na zaměstnance za rok,
- odpracované hodiny na vůz.

2) Ekonomické hledisko:

- přidaná hodnota na zaměstnance,
- přidaná hodnota na vůz,
- obrat na zaměstnance.

V rámci řešení práce bylo zvýšení produktivity dosaženo úsporou výrobních operátorů při zachování dosavadního objemu výroby hnaných hřídelů.

Pro určení procentuálního navýšení produktivity bylo použito následujícího vztahu:

$$\text{Zvýšení produktivity} = 1 - \frac{Q_N}{Q_P} \cdot 100\% , \quad (3.1)$$

kde:

Q_N nový počet operátorů,

Q_P původní počet operátorů.

Nárůst produktivity se stanoví jako podíl nového počtu operátorů po provedených úpravách a původního počtu operátorů s dopočtem do 100%.

3.2 Měření spotřeby času

Časové studie činností operátorů během pracovní doby jsou nástrojem průmyslového inženýrství a svým zaměřením spadají do oblasti měření práce. Tyto nástroje budou použity pro zjištění činností operátorů.

Skutečná spotřeba času se v praxi stanovuje nejčastěji pomocí snímku pracovního dne. Pomocí této metody zjišťujeme skutečnou spotřebu času pracovníka, ale i výrobního zařízení.

Snímkem pracovního dne rozumíme metodu nepřetržitého pozorování, zaznamenávání a hodnocení spotřeby pracovního času pracovníka nebo skupiny pracovníků během celé směny. Jedná se do značné míry o univerzální metodu, kterou je možné po jisté úpravě pozorovat práci dělníka, administrativního i řídicího pracovníka, ale také činnost strojního zařízení.

Výsledky pozorování lze využít k:

- určení množství jednotlivých činností vyjádřených spotřebou času,
- rozboru struktury spotřeby pracovní doby,
- rozboru ztrátových časů podle příčin,
- vypracování výkonnostních křivek v průběhu celé směny, zejména jestliže současně sledujeme množství odvedené produkce.

Snímky pracovního dne můžeme rozdělit podle níže uvedených druhů:

1) snímek pracovního dne jednotlivce:

je takový druh snímku pracovního dne, při kterém pozorovatel provádí pozorování jen jednoho pracovníka,

2) snímek pracovního dne čety:

používá při pozorování pracovní činnosti skupiny pracovníků, kterým je přidělena společná práce (obsluha stroje, nakládka a vykládka atd.),

3) hromadný snímek pracovního dne:

umožňuje pozorovat současně podle podmínek až třicet samostatně pracujících jednotlivců. Tato skutečnost je možná jen při odlišné technice pozorování, měření, zaznamenávání a výpočtu podkladů pro vypracování bilance skutečné spotřeby pracovního času v porovnání se snímek pracovního dne jednotlivce,

4) vlastní snímek pracovního dne:

zaměřuje se jen na časové ztráty vzniklé z titulu technických a organizačních nedostatků. Údaje o velikosti a příčinách ztrát zaznamenává operátor sám. Hromadné použití tohoto snímku vede operátory k aktivní účasti na racionalizaci práce.

Snímek operace je metodou studia pracovního procesu, jejíž pomocí zkoumáme skutečnou spotřebu času na opakované operace nebo její části (úkony) na pracovišti jednotlivce, resp. na několika stejných pracovištích. Snímky operace můžeme rozdělit do těchto druhů:

1) plynulá chronometráž:

je metoda nepřetržitého pozorování spotřeby času pro všechny úkony zkoumané operace.

2) výběrová chronometráž:

je takový druh chronometráže, u které předmětem zkoumání není celá operace, nýbrž jen některé pravidelně, ale i nepravidelně se opakující předem známé úkony. Pozorovatel zaznamenává jen průběžný čas začátku a ukončení vybraných úkonů,

3) obkročná chronometráž:

slouží ke zjišťování času trvání velmi krátkých částí operace. Dosahuje se toho tím, že se klouzavě sečte několik krátkých pracovních prvků do měřitelného komplexu a po vykonaném měření se zpětně vypočítávají elementární prvky,

4) snímková chronometráž:

je druh snímku operace k průzkumu takových operací, jejichž průběh není možné předem stanovit. Při pozorování zaznamenáváme nejen čas (jako u chronometráže), ale i účel jeho použití (název úkonu, operace). Jedná se vlastně o kombinaci metody snímku pracovního dne a chronometráže,

5) filmový snímek:

je metoda, jejíž velikou předností je získání trvalého záznamu jak spotřeby času, tak pracovních pohybů.

Jako nástroj pro řešení této bakalářské práce byla použita metoda na principu výběrové chronometráže, která byla upravena pro konkrétní potřeby sledovaného výrobního střediska hnaného hřídele převodovky MQ 200. Pro získání konkrétních výsledků měření je třeba projít těmito etapami:

- 1) příprava k pozorování, jejímž úkolem je vytvoření vhodných podmínek pro nerušené pozorování a získání objektivních údajů o skutečné spotřebě času v takovém členění, jak si to žádá cíl, který je předmětem pozorování.
V této etapě se řeší výběr pracovníka a určení období, v němž se pozorování provádí.

2) vlastní pozorování, v této druhé etapě se pozorovatel zaměřuje na vlastní pozorování, měření a zaznamenávání činností operátora na pracovišti od začátku do konce sledovaného období. Dále se zaznamenává začátek a konec stejných druhů činností, resp. nečinností do předem připraveného formuláře,

3) vyhodnocením se určí jednotlivé časy.

Každý jednotlivý čas se zhodnotí z hlediska obsahu činnosti, které se setřídí. Skutečná bilance vyjadřuje, kolik času v minutách a procentech z času sledované doby, připadá na jednotlivé kategorie zkoumaného času [8]. Takto získaná data mohou být dále využita jako základ pro opatření s cílem zvýšení produktivity.

3.2.1 Způsob měření a hodnocení výsledků

Tato část popisuje způsob měření časů, které bylo aplikováno ve výrobním středisku NS 2142 hnaného hřídele převodovky MQ 200 a dále popis způsobu vyhodnocení takto naměřených výsledků.

Za účelem zjištění časů operátorů byla použita metoda, kdy se pomocí elektronického zařízení na odměřování časových intervalů (stopky) měřil čas činností těchto operátorů.

Tyto činnosti byly rozděleny do 4 základních kategorií a to do kategorie: manipulace, měření, přecházení a čekání. Příslušné výsledky byly zaznamenávány do formuláře pozorovacího listu (viz. příloha 3).

Do kategorie manipulace bylo zahrnuto nakládání a vykládání dílů na dopravník stroje, převážení dílů pomocí vozíků, manipulace se schránkami pro díly a navážení dílů.

V kategorii měření byly zahrnuty časy, kdy se operátor věnuje měření dílů na pracovišti, odnášení dílů na technickou kontrolu a přípravě dílů pro měření (čištění, ofukování).

Kategorie přecházení zahrnuje časy, kdy operátor přechází mezi stroji při vícestrojové obsluze a mezi vstupním a výstupním dopravníkem, tzn. přechody, kdy operátor nedrží díl.

Čekáním se rozumí neproduktivní čas, kdy operátor čeká na vyprázdnění dopravníků.

Za účelem časové analýzy bylo provedeno ve výrobním středisku hnaného hřídele 90 jednotlivých měření. Čas sledování každého z devíti operátorů byl zvolen v časovém intervalu 3 hodiny a z důvodu objektivnosti výsledků se opakoval 10x pro každého operátora.

Pro statistické vyhodnocování naměřených dat v rámci řešení práce byla použita veličina aritmetický průměr (3.2), který je určen jako podíl součtu naměřených hodnot x_i z každého měření a počtu prováděných měření n :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.2)$$

Informace o naměřených časech jsou uspořádány v přehledných tabulkách a znázorněny v grafech. Obecný případ uspořádání je uveden v tabulce 3.1 a dále graficky zpřehledněn v grafu 3.1. Skutečné naměřené hodnoty jsou uvedeny v následující kapitole 4

Tabulka 3.1 Informativní tabulka

Operace	Manipulace		Měření		Přecházení		Čekání	
op.č	[%]	[min]	[%]	[min]	[%]	[min]	[%]	[min]
op.5	25,0	45,0	16,7	30,0	8,3	15,0	50,0	90,0
op.10	16,7	30,0	25,0	45,0	8,3	15,0	50,0	90,0
op.45	20,0	36,0	13,3	24,0	10,0	18,0	56,7	102,0
op.55+60	58,3	105,0	10,8	19,5	7,5	22,5	23,0	42,0
op.70+72	41,7	75,0	7,5	13,5	8,3	15,0	42,5	76,5
op.130+135	45,8	82,5	33,3	60,0	10,0	18,0	10,9	19,5
op.135+141	41,6	75,0	20,0	36,0	9,2	16,5	29,2	52,5
op.147+150	55,0	99,0	8,3	15,0	8,3	15,0	28,4	51,0

V levém sloupci informativní tabulky 3.1 lze vyčíst označení jednotlivých operací, dále tabulka obsahuje jednotlivé kategorie časů s naměřenými hodnotami.

Pro snadnější orientaci jsou tyto časy uváděny v jednotkách % a v minutách. Hodnota 180 minut pracovní doby je rovna 100%. Tedy například při činnosti manipulace op. 5 je uveden náměr 45 min, což odpovídá 25 % a znázornění v zeleném sloupci. Dále 16,7% je hodnota 30 minut a uvedení ve žlutém sloupci. Popisky hodnot v grafech jsou zaokrouhleny na celá čísla.

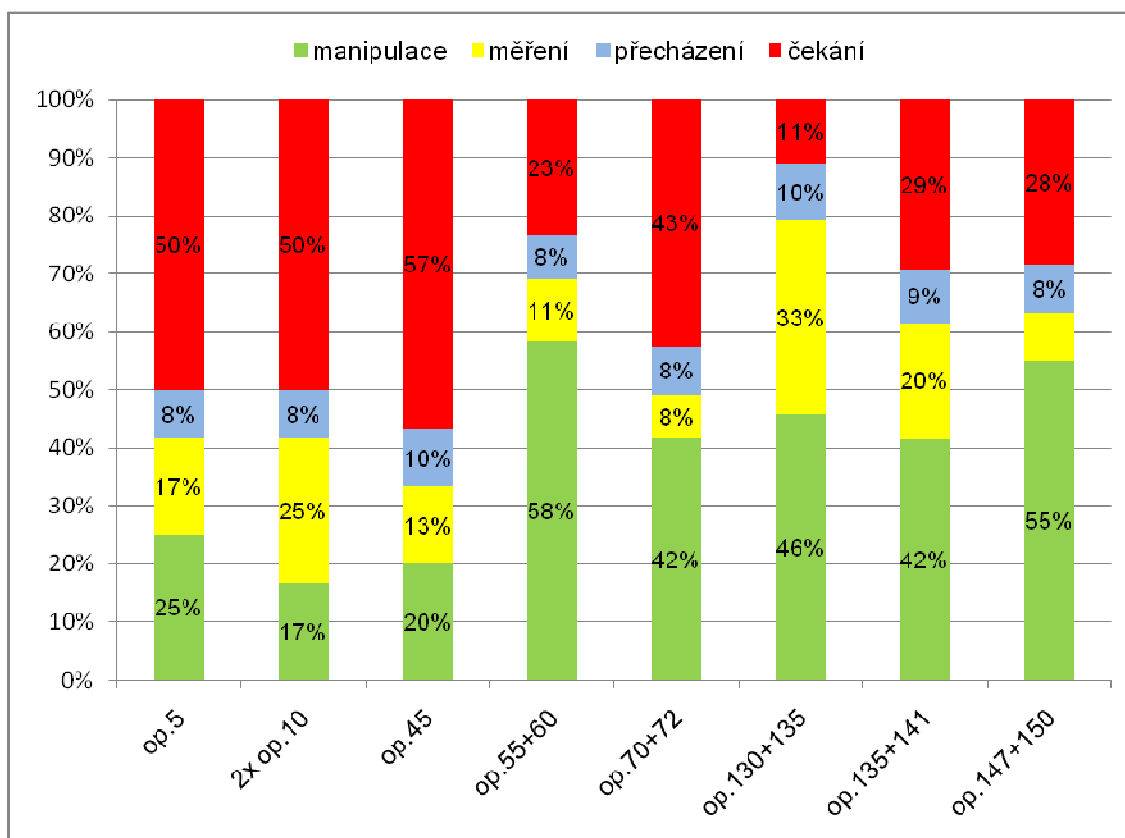
Pro přehlednost je použita níže uvedená barevná symbolika, která bude dále při třídění a znázorňování časů v tabulkách a grafech respektována.

Manipulace = Zelená barva ■

Měření = Žlutá barva ■

Přecházení = Modrá barva ■

Čekání = Červená barva ■



Graf 3.1 Informativní graf

Výsledky uvedené v informativní tabulce 3.1 jsou graficky zpracovány v grafu 3.1. Na vodorovné ose je uvedeno číslo operace, kterou se operátor zabývá a na svislé ose procentuální vyjádření jednotlivých činností.

Z grafu je patrné, že se např. operátor obsluhující op. 45 věnuje 20% času ze sledovaného intervalu 180 minut manipulaci, dále 13% času měření, 10% přecházení a 57% čekání.

4. Vlastní řešení

Cílem řešení bakalářské práce je navrhnout opatření vedoucí ke zvýšení produktivity nejméně o 10%. Aby bylo dosaženo požadovaného výsledku, je nutná analýza stávajícího stavu výroby.

4.1 Analýza současného stavu

Za účelem zjištění stávajícího stavu vytížení operátorů byla provedena analýza dle metodiky popsané v kapitole 3.2.1. Z této analýzy byla získána data, která jsou uvedena v následujících tabulkách (4.1 - 4.4), tabulky jsou barevně rozlišeny podle výše zmíněné symboliky.

Data jsou rozdělena do kategorie manipulace (viz tab. 4.1), měření (viz tab. 4.2), přecházení (viz tab. 4.3) a čekání (viz tab. 4.4). K výpočtu aritmetického průměru byl použit vzorec (3.1) uvedený v kapitole 3.2.1.

Konečné průměrné výsledky vytížení operátorů jsou zpřehledněny v tabulce 4.5 a dále graficky znázorněny do grafu 4.1.

Tabulky (4.1 - 4.4) na následující stránce uvádí výsledky naměřených hodnot. Levý sloupec značí jednotlivé operace. Dále jsou zde očíslovány jednotlivé náměry a v nich zaznamenány zjištěné hodnoty. Pro celkové vyhodnocení všech naměřených hodnot je v pravém sloupci uveden aritmetický průměr těchto hodnot.

Tabulka 4.1 Výsledky časů manipulace

Manipulace [min]											
Náměr	č. 1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 5	č. 6	č. 7	č. 8	č. 9	č. 10	\bar{x}
op.5	37,2	38,7	39,6	42,9	38,4	42,9	39,0	36,3	42,0	40,5	39,8
op.10	36,9	34,2	33,6	33,0	36,0	33,0	37,2	33,6	33,0	33,6	34,4
op.45	35,7	39,3	35,4	36,9	36,9	34,8	38,7	38,4	35,4	36,0	36,8
op.55+60	103,2	112,5	105,6	111,3	112,2	111,6	103,8	108,0	106,2	105,9	108,0
op.70+72	75,3	69,9	68,4	67,8	70,2	71,7	68,7	70,2	72,3	68,7	70,3
op.130+135	78,3	81,6	80,7	84,6	82,5	81,6	78,9	80,7	80,7	81,9	81,2
op.135+141	76,2	82,8	75,3	75,9	78,9	76,2	78,0	80,7	75,6	75,0	77,5
op. 147+150	111,9	108,6	112,5	117,6	114,0	111,6	114,0	112,5	110,7	111,9	112,5

Tabulka 4.1 představuje přehled výsledků časů zjištěných při činnosti manipulace. Tzn. nakládání a vykládání dílů na dopravník stroje, převážení dílů pomocí manipulačních vozíků, manipulaci se schránkami pro díly a navážení dílů. Z této tabulky je zřejmé, že největší podíl manipulačních časů se vyskytuje u operátora provádějícího operace s označením 147+150 (mezioperační praní a kontrola ozubení)

Tabulka 4.2 Výsledky časů měření

Měření [min]											
Náměr	č. 1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 5	č. 6	č. 7	č. 8	č. 9	č. 10	\bar{x}
op.5	27,9	29,7	31,2	29,1	28,8	29,4	31,2	30,0	27,9	29,4	29,5
op.10	42,9	45,3	44,1	47,4	45,0	44,4	44,4	45,6	45,0	45,9	45,0
op.45	24,0	22,2	25,8	24,3	23,7	24,0	23,4	24,0	24,3	22,5	23,8
op.55+60	19,8	19,2	21,6	21,3	21,3	21,0	20,7	20,1	19,2	19,8	20,4
op.70+72	11,7	12,9	12,3	12,9	12,0	12,0	12,9	12,6	12,0	13,2	12,5
op.130+135	55,5	59,4	57,3	55,8	57,0	55,8	57,9	57,6	56,1	56,4	56,9
op.135+141	34,2	32,7	30,9	31,2	31,5	33,3	34,5	32,4	33,0	31,5	32,5
op. 147+150	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

V tabulce 4.2 jsou uvedeny časy zahrnuté do kategorie měření. Jedná se o měření dílů na pracovišti, odnášení dílů na technickou kontrolu a přípravě dílů pro měření (čištění, ofukování). Největší hodnota těchto časů je na op.130+135 (broušení zápichů a průměrů).

Tabulka 4.3 Výsledky časů přecházení

Přecházení [min]											
Náměr	č. 1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 5	č. 6	č. 7	č. 8	č. 9	č. 10	\bar{x}
op.5	12,0	12,6	11,7	12,3	12,3	11,1	11,7	13,5	12,0	11,4	12,1
op.10	13,2	15,0	14,1	13,8	14,7	13,5	15,0	13,2	12,9	13,8	13,9
op.45	11,4	11,4	12,3	12,0	12,9	13,2	12,6	12,9	12,0	11,1	12,2
op.55+60	15,0	14,4	15,0	15,3	14,1	14,1	15,3	16,2	14,4	15,0	14,9
op.70+72	12,3	12,6	12,6	12,9	12,0	12,6	12,6	12,9	12,3	11,7	12,5
op.130+135	18,9	18,6	17,4	18,0	18,0	17,1	17,7	18,6	18,0	17,7	18,0
op.135+141	17,1	16,2	18,0	17,7	15,9	16,5	16,5	18,0	17,7	16,8	17,0
op. 147+150	15,0	15,9	15,6	15,6	15,3	15,6	16,2	16,2	15,6	16,2	15,7

Tabulka 4.3 znázorňuje hodnoty, které byly naměřeny při činnostech zařazených do kategorie přecházení. Do této kategorie byly zahrnuty časy, kdy operátor přechází mezi stroji při vícestrojové obsluze a mezi vstupním a výstupním dopravníkem, tzn. přechody, kdy operátor nedrží díl.

Z této tabulky je zřejmé, že bilance těchto časů je u všech operátorů na obdobné úrovni.

Tabulka 4.4 Výsledky časů čekání

Čekání [min]											
Náměr	č. 1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 5	č. 6	č. 7	č. 8	č. 9	č. 10	\bar{x}
op.5	103,2	99,0	97,2	95,7	100,5	96,6	98,1	100,2	98,1	98,7	98,7
op.10	87,0	87,3	88,2	85,8	84,3	89,1	85,8	87,6	90,0	86,7	87,2
op.45	108,9	107,1	106,5	106,8	106,5	108,0	105,3	104,7	108,3	110,4	107,3
op.55+60	42,0	33,9	42,0	29,1	32,4	33,3	40,2	35,7	40,2	39,3	36,8
op.70+72	81,0	82,8	86,7	86,4	85,8	83,7	85,8	84,3	83,4	86,4	84,6
op.130+135	27,3	20,4	24,6	21,6	22,5	25,5	25,5	23,1	25,2	62,7	27,8
op.135+141	52,2	48,3	55,8	54,9	53,7	54,0	51,0	48,9	53,7	56,7	52,9
op. 147+150	53,1	55,2	51,9	46,8	50,7	52,8	49,8	51,3	51,3	51,9	51,5

Tabulka 4.4 zahrnuje neproduktivní časy čekání, kdy operátor čeká na vyprázdnění dopravníku. Největší podíl neproduktivních časů se vyskytuje u op.45 - frézování a to 107,3 minut. Proto budou nová opatření zaměřena na tuto operaci s cílem snížení těchto časů.

Pro zpřehlednění výsledných průměrných hodnot ze všech měření byla sestavena tabulka 4.5. V pravých sloupcích jednotlivých barevných oblastí je uvedeno procentuální vyjádření zjištěných časových hodnot.

Například u op. 5 je uvedena hodnota pro kategorii manipulace 22%, což znamená, že zde operátor 22% času ze sledované doby 180 minut manipuloval s dílem.

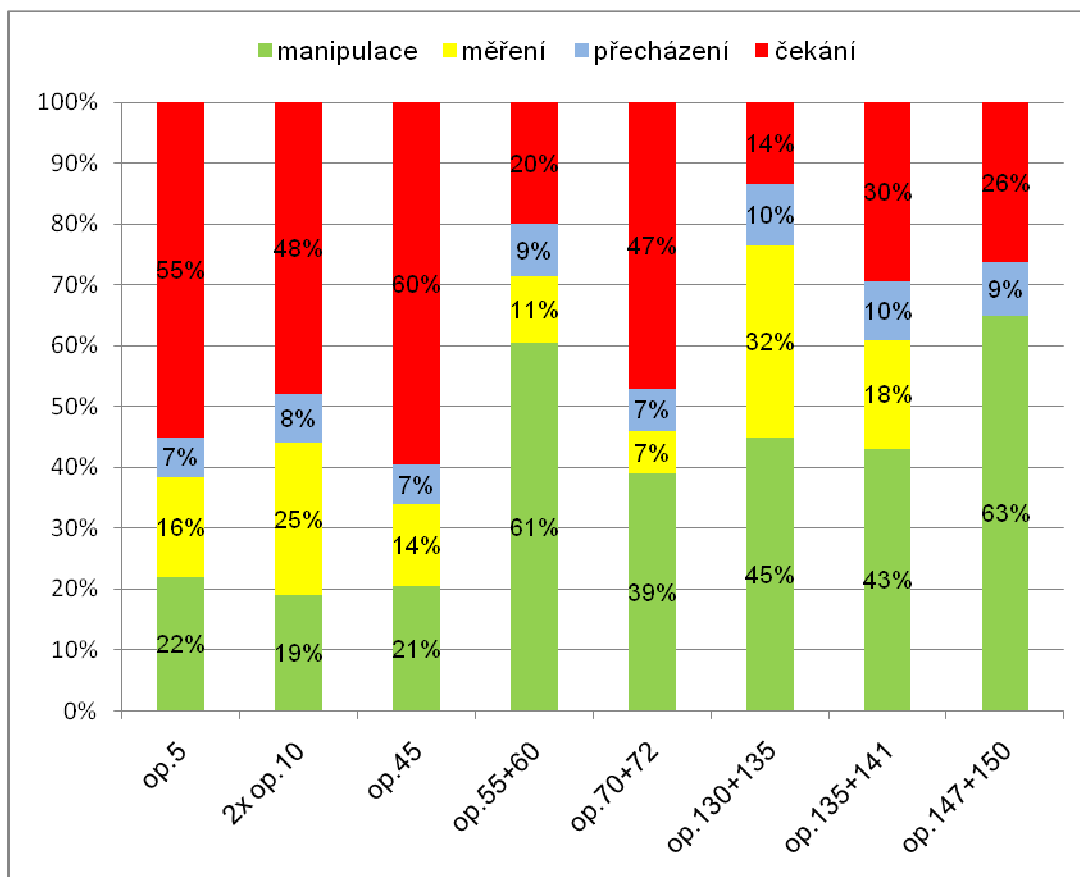
Levé sloupce jednotlivých barevných oblastí ukazují časové vytížení v minutách. Např. operátor z op. 55+60 se věnuje čekání 36,8 minut ze sledované doby 180 minut.

Tabulka 4.5 Výsledky vytížení operátorů

Operace	Manipulace		Měření		Přecházení		Čekání	
op.č	[%]	[min]	[%]	[min]	[%]	[min]	[%]	[min]
op.5	22,0	39,8	16,4	29,5	6,6	12,1	55,0	98,7
op.10	19,0	34,4	25,0	45,0	8,0	13,9	48,0	87,2
op.45	20,5	36,8	13,5	23,8	6,5	12,2	59,5	107,3
op.55+60	60,5	108,0	11,0	20,4	8,5	14,9	20,0	36,8
op.70+72	39,0	70,3	7,0	12,5	7,0	12,5	47,0	84,6
op.130+135	45,0	81,2	31,5	56,9	10,0	18,0	13,5	27,8
op.135+141	43,0	77,5	18,3	32,5	9,5	17,0	29,5	52,9
op.147+150	63,0	112,5	0	0,0	8,5	15,7	28,5	51,5

Grafické zpracování výsledků je znázorněno v grafu 4.1. Na vodorovné ose je uvedeno číslo operace, kterou se operátor zabývá a na svislé ose procentuální vyjádření jednotlivých činností. Každý sloupec grafu představuje jednoho operátora, výjimku tvoří op. 10, která je totožná pro dva operátory a hodnoty zde uváděné jsou průměrné. Na grafu je vidět procentuální vytížení na jednotlivých operacích. Popisky hodnot jsou z důvodu přehlednosti zaokrouhleny na celá čísla.

Například sloupec operátora z op. 5 znázorňuje procentuální vytížení času manipulace hodnotou 22%, dále času měření 16%, času přecházení 7 % a času čekání 55%. Tyto hodnoty představují v součtu 100%, což se v minutovém vyjádření rovná součtu 180 minut (sledovaná doba).



Graf 4.1 Grafické znázornění vytížení operátorů

Dále je z grafu 4.1 zřejmé, že největší podíl neproduktivních časů čekání se vyskytuje na operacích č. 5, 10, 45, 70 a 72, proto byla navrhovaná opatření zaměřena právě na tyto operace.

4.2 Navrhovaná opatření pro zvýšení produktivity

V rámci řešení bakalářské práce byla navržena jednotlivá opatření vedoucí ke zvýšení produktivity. Tato opatření budou v bakalářské práci pro zjednodušení označovány jako A, B, C.

Dané návrhy na nová opatření byly seskupeny do celku. Výsledkem je nové technicko-organizační uspořádání, které bylo ve výrobním středisku hnaného hřídele aplikováno.

4.2.1 Rozbor opatření A

Opatření A představuje úsporu jednoho operátora z operace č. 5 – navrtávání a dále umožňuje podstatné snížení časů čekání. Jednotlivá dílčí opatření jsou rozebrána níže.

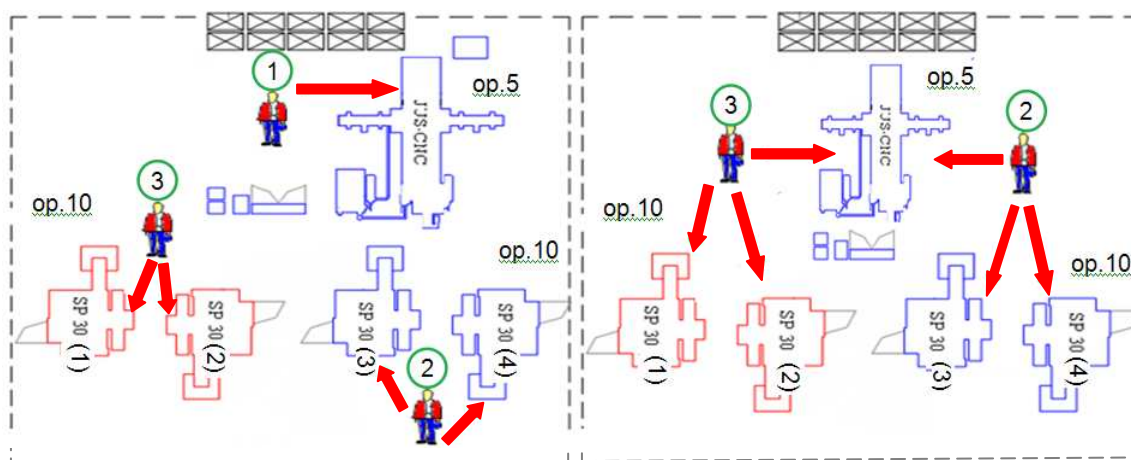
Úspory jsou znázorněny v grafu 4.2. Dva levé sloupce představují původní stav, při kterém byly níže popsané operace obsluhovány 3 operátory. Pravý sloupec značí nový stav po zavedených úpravách a ušetření jednoho operátora. Opatření označené jako A se týkalo operací č. 5 a 10.

4.2.1.1 Provedené úpravy opatření A

Operace č. 5 je organizována s jednostrojovou obsluhou. Stroj je obsazen jedním operátorem, který obsluhuje jeden stroj. Dle zjištění z grafu 4.1 je zřejmé, že operátor více než jednu polovinu sledované doby čeká a je tudíž neproduktivní.

Operace č. 10 je ve výrobním středisku zastoupena dvěma operátory a každý z nich obsluhuje dva totožné stroje, i zde je z grafu 4.1 zřejmé, že skoro celou polovinu sledované doby operátoři čekají na dokončení operace.

Z výše uvedených důvodů byla navrhována úspora operátora z operace - č. 5. Jeho činnost byla rozložena mezi oba operátory z operace č. 10 s cílem jejich rovnoměrného vytížení (viz obr. 4.1).



Obr. 4.1 Porovnání výchozího a nového stavu op. č. 5+10

Po provedených úpravách má jeden z operátorů za úkol naložení výkovek na dopravník stroje a kontrolu dle kontrolního plánu operace.

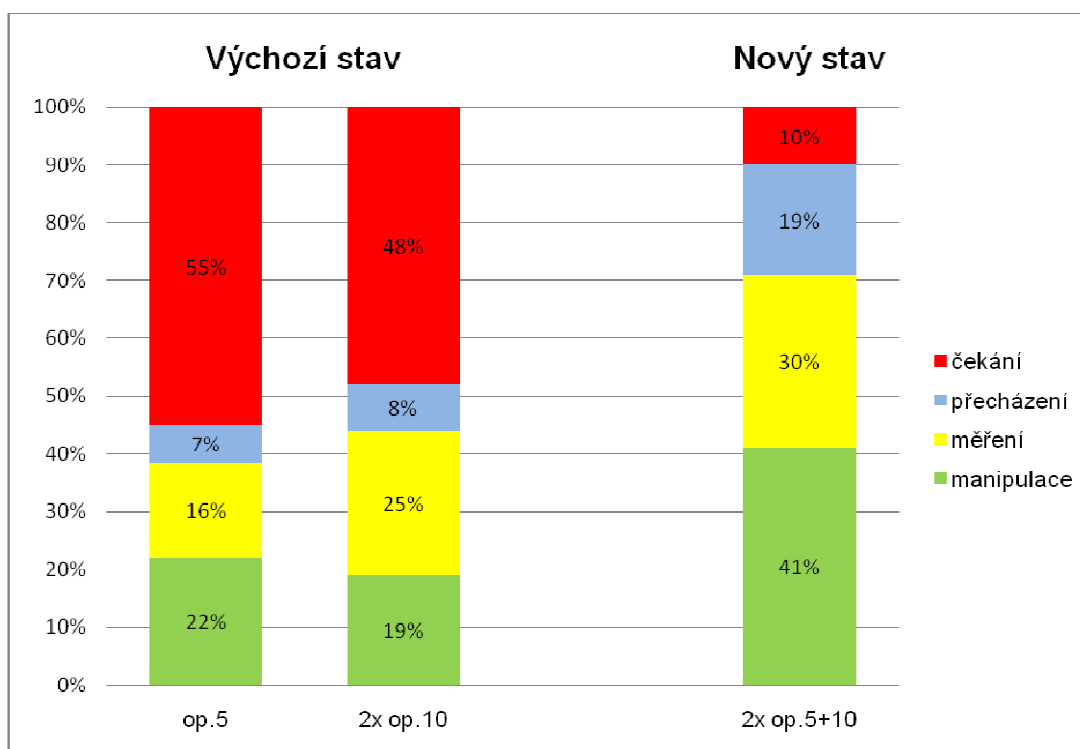
Druhý operátor má za úkol vyložení navrtaných hnaných hřídelů z dopravníku do manipulačních schránek a jejich následné přesunutí na odkládací plochu. Z této plochy dochází k distribuci na další operace.

Operace č. 5 a č. 10 spolu ve výrobním středisku sousedí a tudíž ztráty přecházením operátorů mezi stroji zásadně nevzrostly.

V rámci řešení byl využit neobsazený prostor před stroji SP-30, vykonávající operaci č. 10. Na střed této volné plochy byl přemístěn stroj s označením JUS-CNC, který vykonává operaci č. 5.

Toto opatření přineslo další úsporu v časech přecházení operátorů. Odkládací plocha pro skladování navrtaných hnaných hřídelů z operace č. 5 i přes toto opatření zůstala zachována v dostatečné velikosti a dráha pohybu manipulačních vozíků se tím zkrátila.

Výchozí a nový stav zjištěných časů vytížení na operacích č. 5 a č. 10 po provedených opatřeních A, je vidět na grafu 4.2. Původní obsazení třemi operátory bylo zredukováno na dva operátory a došlo ke zkrácení časů čekání.



Graf 4.2 Vytížení operátorů po opatřeních A

Z grafu 4.2 je po provedených úpravách zřejmé nové časové vytížení operátorů. Původní časy čekání v rozsahu 55% pro operátora z op. č. 5 a rozsahu 48% pro oba operátory z op. č. 10, byly minimalizovány na hodnotu 10%. Nově tedy obsluhují dva operátoři společně operace 5+10.

4.2.2 Rozbor opatření B

V případě aplikace opatření B bylo dosaženo zkrácení neproduktivního času čekání na operaci č. 45 - frézování a operaci č. 70 - ševingování. Této úspory bylo dosaženo změnou organizace práce na daných operacích. Jednotlivé změny v obsazení operací jsou popsány v následující kapitole.

Nový stav je znázorněn na grafu 4.3. Na tomto grafu lze vidět v levé části původní obsazení daných operací, pravá část znázorňuje nový stav obsazení operací.

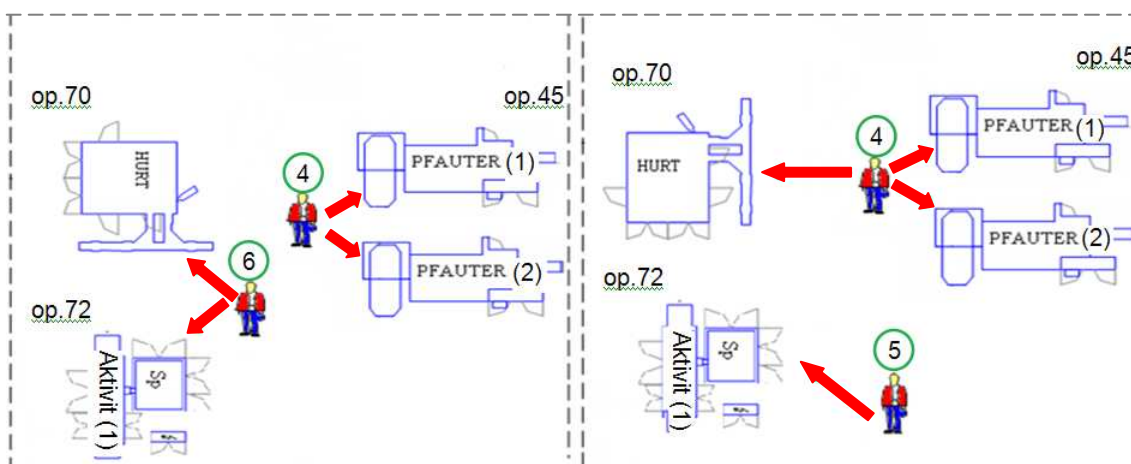
4.2.2.1 Provedené úpravy opatření B

Operaci č. 45 vykonává ve výrobním středisku hnaného hřídele jeden operátor, který obsluhuje dva stroje. Z grafů 4.1 je zřejmé, že operátor zde 60% času sledované doby čeká na vyprázdnění dopravníku. Podobně je tomu i na operaci č. 70, kterou obsluhuje jeden operátor současně s operací č. 72 - mezioperační praní. Na těchto operacích čeká operátor 47% sledované pracovní doby.

Vzhledem k tomu, že technologické operace frézování hlavního ozubení a ševingování hlavního ozubení na sebe přímo navazují, byla provedena úprava v obsazení těchto operací. Nově jsou operace č. 45 - frézování a č. 70 – ševingování obsazeny jedním operátorem.

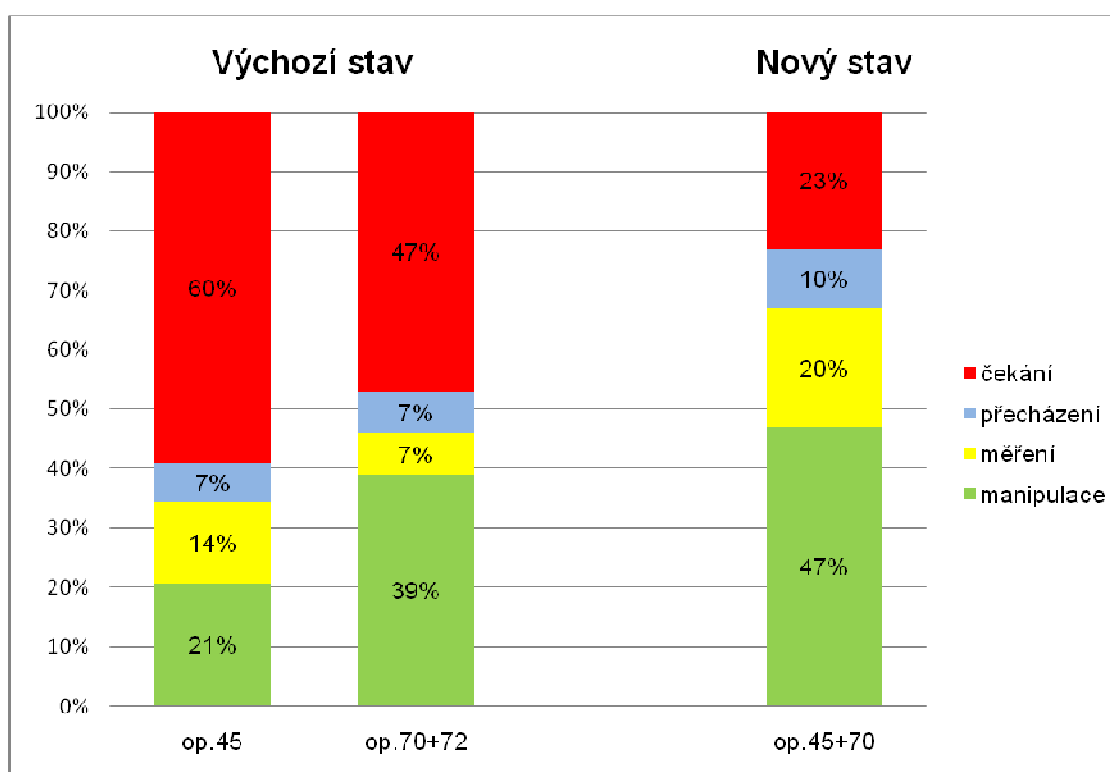
Tímto opatřením se podstatně zredukovaly neproduktivní časy, kdy operátor čekal na vyprázdnění dopravníku.

Z důvodu přecházení operátora z operace č. 45 na operaci č. 70 bylo provedeno na operaci ševingování otočení stroje zn. Hurt o 90° proti směru hodinových ručiček. Tímto opatřením se redukoval čas, kdy operátor stroj obcházel. Nově jsou stroje umístěny naproti sobě (viz obr. 4.2) .



Obr. 4.2 Porovnání výchozího a nového stavu op. č. 45+70

Výchozí a nový stav časů vytížení na operacích č. 45 a č. 70 je po provedených opatřeních B znázorněn v grafu 4.3. Původně byly tyto operace obsazeny 2 operátory. Daná opatření umožnila sloučení operací č. 45 a č. 70 a nově tyto operace vykonává jeden operátor.



Graf 4.3 Vytížení operátorů po opatřeních B

4.2.3 Rozbor opatření C

U opatření C došlo k úspoře jednoho operátora a zároveň zde došlo ke snížení neproduktivních časů čekání. Jednotlivé návrhy na nová opatření jsou uvedena níže. Tato opatření byla realizována na operacích č. 55 – válcování, č. 60 – vrtání a č. 72 - mezioperační praní.

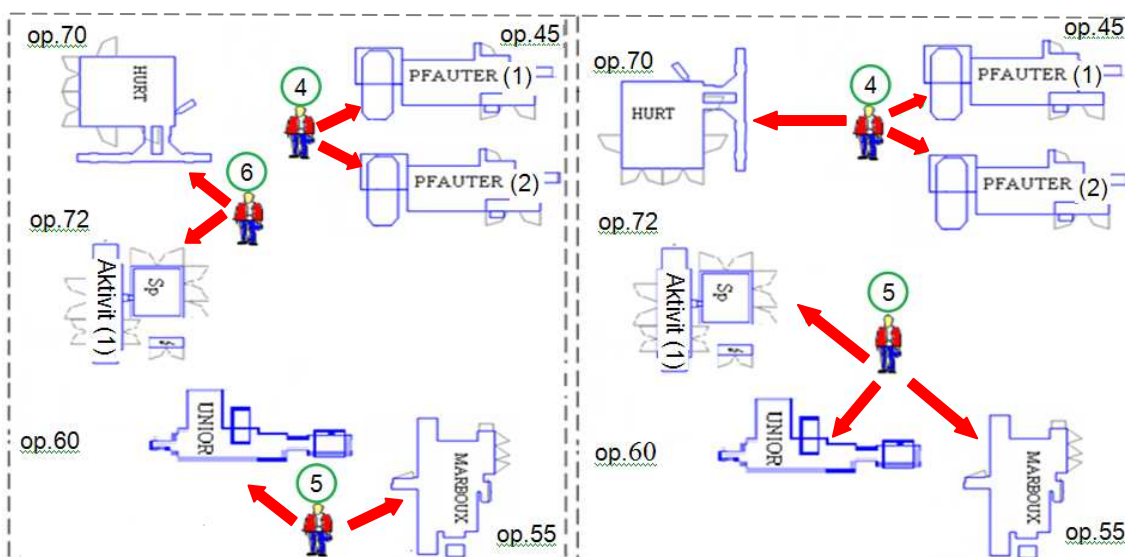
Úsporná opatření jsou uvedena v grafu 4.4, kde levá část značí původní stav a obsazení operací a pravá část grafu uvádí nové rozložení a časové vytížení operátorů.

4.2.3.1 Provedené úpravy opatření C

Operace č. 55 - válcování a operace č. 60 - vrtání jsou ve výrobním procesu obsluhovány jedním operátorem. Z výchozího stavu grafu 4.1 je zřejmé, že vytížení tohoto operátora není optimálně využito.

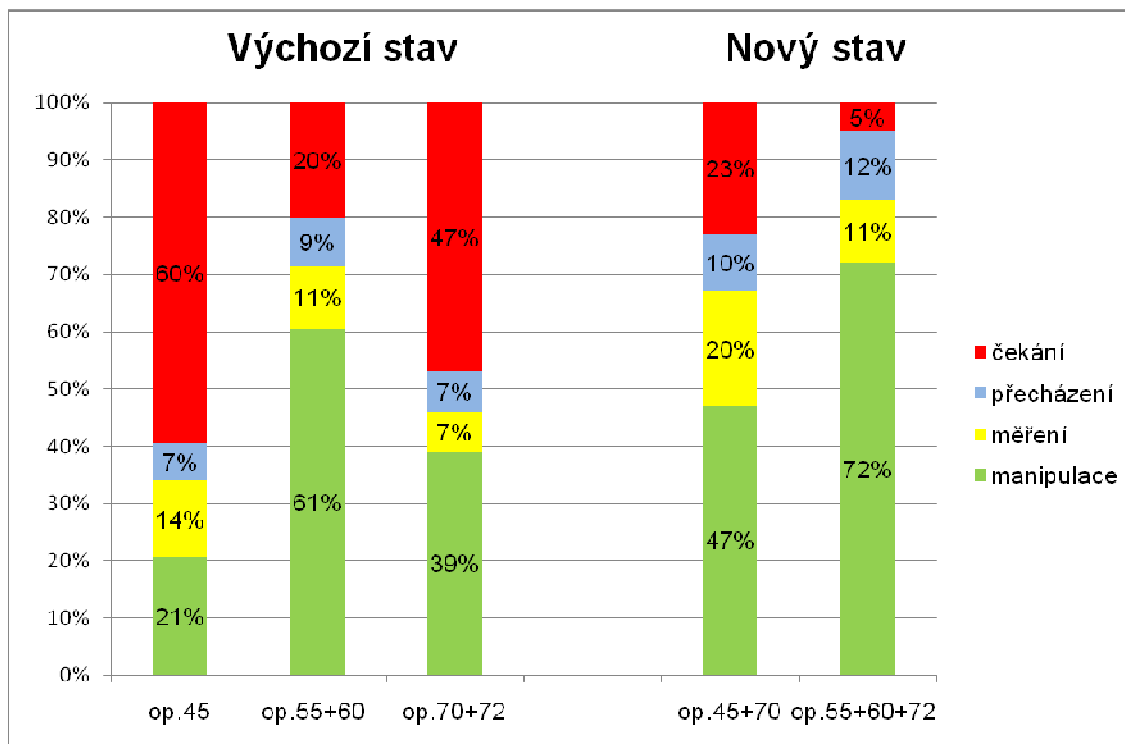
Operace č. 72 - mezioperační praní je ve výrobním procesu zařazena po operaci č. 70 - švingování hlavního ozubení. Dle zjištění z grafu 4.1 je vidět, že operátor na těchto operacích čeká 47% sledované pracovní doby.

Vzhledem k tomu, že činnosti spojené s obsluhou operace č. 72 jsou pouze manipulační, nejsou zde žádné kontrolní operace a stroj pracuje v automatickém režimu, byla provedena úprava v organizačním uspořádání (viz obr. 4.3).



Obr. 4.3 Porovnání výchozího a nového stavu op. č. 55+60+72

Nově obsluhu pracího stroje zastává operátor z operace č. 55 a 60. Tímto přesunem došlo k úspoře jednoho operátora a rovnoměrnému vytížení ostatních operátorů výroby.



Graf 4.4 Vytížení operátorů po opatřeních C

Z grafu 4.4 je po provedených úpravách zřejmé nové časové vytížení operátorů.

Výchozí časy čekání v rozsahu 60% pro operátora z op. č. 45, 20% pro operátora z op. 55+60 a 47% pro operátora obsluhující operace 70+72 byly po aplikaci technicko-organizačních opatření C sníženy na hodnoty uvedené v pravých sloupcích. Původní obsazení třemi operátory bylo zredukováno na dva operátory.

4.3 Popis výrobního střediska po aplikaci daných opatření

Po aplikaci všech opatření pracuje ve výrobním středisku o 2 operátory v každé směně méně oproti výchozímu stavu. Výrobní kapacita 860ks za směnu zůstala zachována. Nové obsazení operací je uvedeno v tabulce 4.6.

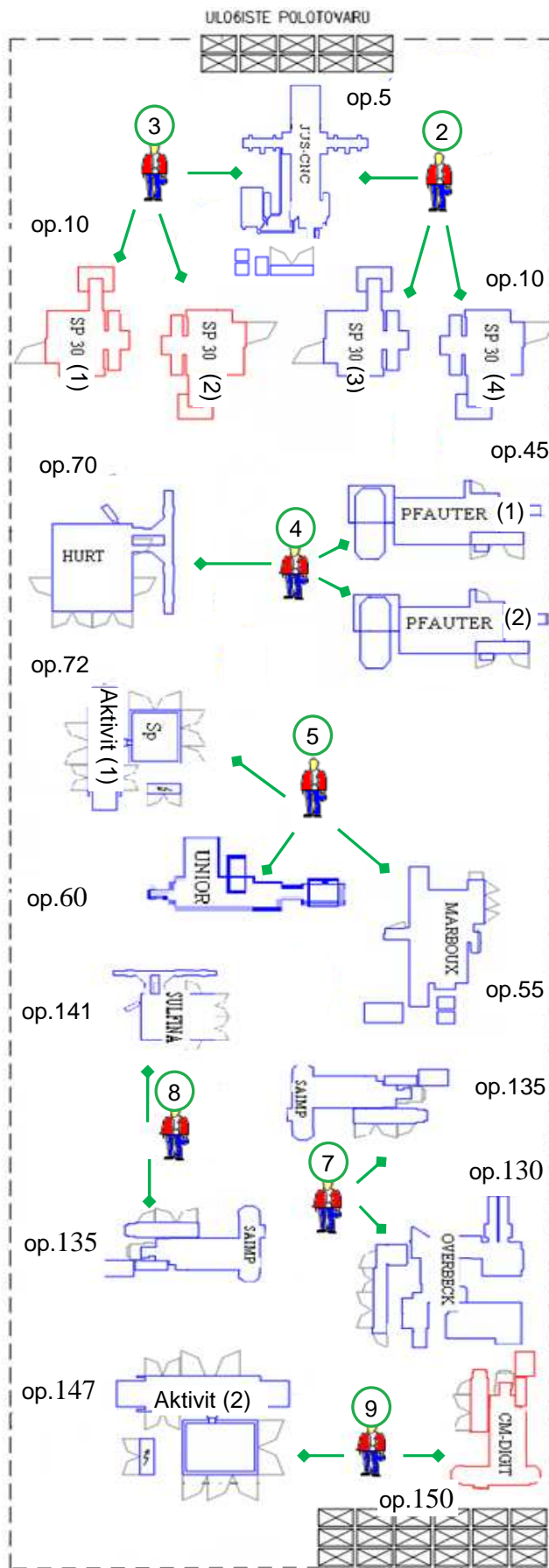
V rámci opatření A došlo na operaci č. 5 – navrtávání k úspoře operátora a jeho činnost byla rozdělena mezi oba operátory z operace č. 10 - soustružení s cílem jejich rovnoměrného vytížení. Dále byl v rámci opatření A přesunut stroj JUS-CNC vykonávající operaci č. 5 na střed výrobního střediska.

Opatřením B bylo dosaženo zkrácení času čekání na operaci č. 45 - frézování a operaci č. 70 - ševingování. Této úspory bylo dosaženo změnou organizace práce na daných operacích. Nově jsou operace č. 45 a č. 70 obsazeny jedním operátorem. Zároveň byl na operaci č. 70 otočen stroj zn. Hurt o 90° proti směru hodinových ručiček, toto opatření vedlo ke snížení časů přecházení.

V případě aplikace opatření C bylo docíleno úspory jednoho operátora a současně snížení neproduktivních časů čekání. Tato opatření byla realizována na operacích č. 55 – válcování, č. 60 – vrtání a č. 72 - mezioperační praní. Nově obsluhu pracího stroje zastává operátor z operace č. 55 a 60.

Tabulka 4.6 Nové obsazení výrobního střediska

Operace č.	Název operace	Označení stroje	Počet operátorů
5 10	navrtávání soustružení	JUS-CNC SP 30 CNC (1),(2)	1
5 10	navrtávání soustružení	JUS-CNC SP 30 CNC (3),(4)	1
45 70	frézování ševingování	PFAUTER (1),(2) HURT	1
55 60 72	válcování vrtání praní	MARBOUX UNIOR AKTIVIT (1)	1
130 135	broušení zápichu broušení průměru	OVERBECK SAIMP (1)	1
135 141	broušení průměru lapování	SAIMP (2) SULFINA	1
147 150	praní kontrola ozubení	AKTIVIT (2) CM-DIGIT	1
Celkem			7



Obr. 32 Výrobní středisko – nový stav

4.3.1 Ekonomické zhodnocení

Zvýšení produktivity výroby hnaného hřídele převodovky MQ 200 bylo dosaženo úsporou dvou výrobních operátorů při zachování produkce 860 ks hnaných hřídelů za směnu.

Na základě navržených opatření došlo ke snížení personálního obsazení z původních 9 operátorů na současných 7 operátorů v jedné směně. Celková úspora je tedy 6 operátorů ve třech směnách.

Počet operátorů potřebných na výrobu je základem pro stanovení personálních nákladů, které jsou součástí nákladů na vyrobený díl.

Personální náklady na jednoho operátora jsou v současné době ve Škoda Auto a.s., závod Mladá Boleslav stanoveny částkou cca. 370 000 Kč/rok. Celková úspora v personálních nákladech činí tedy 2 220 000 Kč/rok pro 6 ušetřených operátorů (pozn. dva v každé ze tří směn).

Z hlediska komplexního zhodnocení je třeba započítat náklady na technická řešení.

Prvním z těchto řešení je přesunutí stroje JUS-CNC u operace č. 5. Náklady na přesunutí činí 115 500 Kč.

Druhým technickým řešením je otočení stroje HURT u operace č. 70 o 90°. Náklady na otočení činí 94 800 Kč. V těchto dvou částkách jsou zahrnuty komplexní náklady, které zahrnují úpravy rozvodů elektřiny, chladicí kapaliny a náklady stěhovací firmy včetně dopravy.

Z důvodu zlepšení ergonomie práce u operace č. 5 došlo k přesunům technického vybavení. Byly vyčísleny náklady na nové značení zón pro manipulační vozíky v hodnotě 15 000 Kč, dále bylo přemístěno a upraveno kontrolní pracoviště op. 5 v částce 12 200 Kč a reorganizována plocha pro odkládací palety v částce 5000 Kč.

Pro zpřehlednění byly tyto částky seskupeny v tabulce 4.7. První část zahrnuje jednotlivé náklady na technická opatření, které celkově činí 242 500 Kč.

V dalším řádku je uvedena úspora personálních nákladů v hodnotě 2 220 000 Kč za 6 ušetřených operátorů v nákladovém středisku NS 2142.

Konečná úspora navrhovaného řešení činní po odečtení nákladů na technická opatření 1 977 500 Kč a je zpřehledněna v tabulce 4.7.

Tabulka 4.7 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení	
Přesunutí stroje JUS-CNC	115 500 Kč
Otočení stroje HURT	94 800 Kč
Označení zón pro manipulační vozíky	15 000 Kč
Přemístění a úprava kontrolního pracoviště op. 5	12 200 Kč
Reorganizace odkládacích palet	5 000 Kč
Celkem náklady na technická opatření	242 500 Kč
Úspora personálních nákladů za rok	2 220 000 Kč
Celková úspora	1 977 500 Kč

Návratnost vložených prostředků lze stanovit podílem nákladů na technická opatření a uspořené personálních nákladů za rok [18].

$$\frac{242\,500}{1\,977\,000} = 0,11 \text{ roku} \quad (4.1)$$

Návratnost nákladů je 0,11 roku což odpovídá přibližně 1,2 měsícům. U navržených opatření označených jako A, B, C je tedy návratnost velmi vysoká.

V rámci řešení práce bylo zvýšení produktivity dosaženo úsporou výrobních operátorů při zachování dosavadního objemu výroby hnaných hřídelů. Původní počet 9 výrobních operátorů v jedné směně byl snížen na 7 operátorů.

Zvýšení produktivity se určí jako podíl nového počtu operátorů po provedených úpravách a původního počtu operátorů s dopočtem do 100% (viz. vzorec 3.1). Nárůst produktivity tedy odpovídá 22,3%.

$$\text{Zvýšení produktivity} \quad 1 - \frac{7}{9} \cdot 100\% = 22,3\%$$

5. Diskuse výsledků

Obsahem předkládané bakalářské práce je zvýšení produktivity výroby hnaného hřídele převodovky MQ 200 ve Škoda Auto a.s., závod Mladá Boleslav. Řešení spočívá v časové analýze činností operátorů a návrhu na opatření vedoucím ke zvýšení produktivity výroby.

Požadavkem zadavatele této práce bylo zvýšení produktivity nejméně o 10% oproti současnému stavu.

Kapitola 2 popisuje historii výroby agregátů ve Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav, která výrobu převodovek zahrnuje a dále konstrukci samotné převodovky MQ 200. Následující část této kapitoly je věnována popisu jednotlivých výrobních operací hnaného hřídele převodovky MQ 200. Vše je doprovázeno fotodokumentací z jednotlivých výrobních operací.

Celkový pohled na nákladové středisko NS 2142, v němž se výroba hnaného hřídele uskutečňuje je znázorněn v layoutu na obrázku 2.28.

V následující kapitole 3 je uvedena problematika měření spotřeby času operátorů pomocí snímku pracovní doby, způsob měření a hodnocení výsledků spolu s informativní grafem 3.1. Dále je zde ve stručnosti uveden význam produktivity a způsob výpočtu použitý v rámci řešení této práce.

Vlastnímu řešení je věnována celá kapitola 4. Je zde popsána analýza vytížení operátorů, ze které byly získána data uvedená viz. tab. (4.1 - 4.4). Tabulky jsou pro přehlednost barevně odlišeny. Pro zpřehlednění výsledných průměrných hodnot ze všech měření byla sestavena tabulka 4.5 s výsledky vytížení operátorů a tyto hodnoty byly dále znázorněny v grafu 4.1.

V rámci řešení bakalářské práce byla navržena nová opatření vedoucí ke zvýšení produktivity výroby hnaného hřídele. Tato jednotlivá opatření byla označena písmeny A, B, C.

V případě aplikace opatření A, které se týkalo operace č. 5 - navrtávání, došlo k úspoře jednoho výrobního operátora. Nově mají tuto operaci mezi sebe rozdělenou operátoři z operace č. 10 - soustružení.

Toto opatření bylo realizováno využitím neproduktivních časů obou operátorů z operace 10, kdy operátoři čekali na dokončení operace soustružení hnaného hřídele.

Současně došlo k přesunutí stroje JUS-CNC na střed výrobního střediska z důvodu rovnoměrného přístupu a snížení neproduktivních časů přecházení obou operátorů k tomuto stroji.

V rámci opatření B bylo dosaženo úspory druhého operátora ve směně reorganizací na operacích č. 45 - frézování a č. 70 – ševingování. V případě opatření C došlo to k reorganizaci na operacích č. 55 - válcování, č. 60 - vrtání a č. 72 - mezioperační praní.

Nově jsou tyto operace zajištěny dvěma operátory v každé směně místo původního stavu tří operátorů. Jeden operátor zajišťuje obsluhu na operacích č. 45 a 70. Druhý operátor zajišťuje obsluhu na operacích č. 50, 60 a 72.

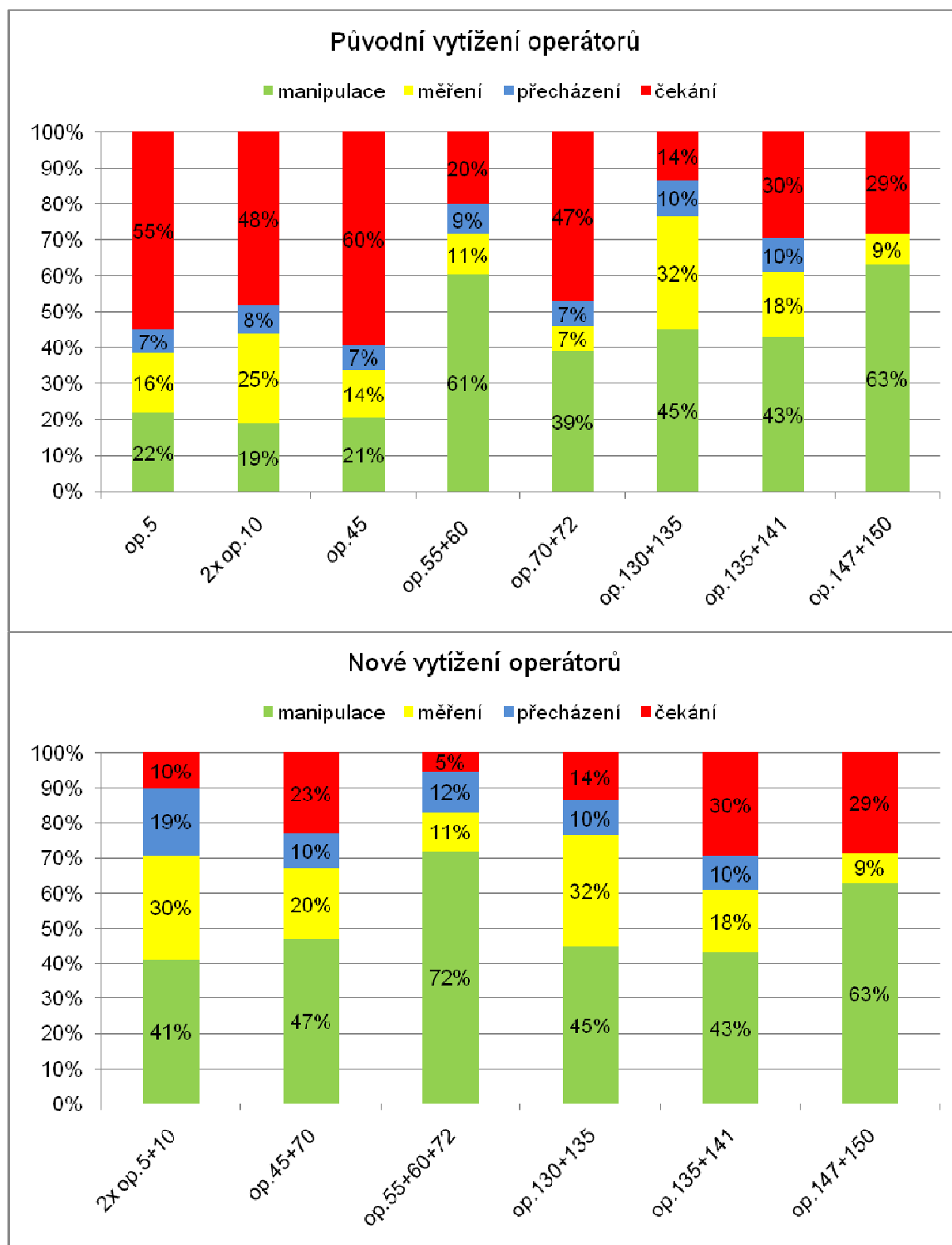
Pro zlepšení přístupu a zkrácení neproduktivních časů operátora obsluhujícího stroje na operaci č. 45 a č. 70 došlo k otočení stroje HURT o 90° proti směru hodinových ručiček.

Výsledky vytížení operátorů spolu s novým přerozdělením operací po výše zmíněných opatřeních jsou uvedeny v tabulce 5.1. V pravých sloupcích jednotlivých barevných oblastí je uvedeno procentuální vyjádření zjištěných časových hodnot ze sledované doby, v levém sloupci čas v jednotkách minut ze sledované doby kde 180 minut = 100%.

Tabulka 5.1 Výsledky vytížení operátorů po provedených opatřeních

Operace	Manipulace		Měření		Přecházení		Čekání	
op.č	[%]	[min]	[%]	[min]	[%]	[min]	[%]	[min]
op.5+10	41,0	24,6	30,0	18	19,0	11,4	10,0	6
op.45+70	47,0	28,2	20,0	12	10,0	6	23,0	13,8
op.55+60+72	72,0	43,2	11,0	6,6	12,0	7,2	5,0	3
op.130+135	45,0	27	31,5	19	10,0	6	13,5	8
op.135+141	43,0	25,8	18	10,8	9,5	5,7	29,9	17,7
op.147+150	63,0	37,6	0	0	8,5	8,5	28,5	17,2

Grafické znázornění výsledků, spolu s porovnáním původního stavu a stavu po zavedení navrhovaných opatření je uvedeno v grafu 5.1.



Graf 5.1 Vytížení operátorů po provedených opatřeních

Z grafu 5.1 je zřejmé, že největší podíl neproduktivních časů kdy operátor čekal na vyprázdnění dopravníku byl na operacích č. 5, 10, 45, 70 a 72.

Po provedených opatřeních došlo ke snížení těchto časů u operace 5+10 z původního stavu 55% resp. 48% na hodnotu 10% pro oba operátory obsluhující tuto operaci.

V případě přeorganizování operátorů na operacích č. 45+70 došlo k úspoře časů čekání z původních hodnot 60% na hodnotu 23%. U operací 55+60+72 je neproduktivní čas čekání vyjádřen nově hodnotou 5%.

6. Závěr

Předložená práce se zabývala časovou studií činností operátorů a návrhem na opatření, která by vedla ke zvýšení produktivity výroby hnaného hřídele pro převodovku MQ 200 v Škoda Auto a.s., v závodě Mladá Boleslav.

Úvodní část práce podává popis o výrobě hnaného hřídele s popisem jednotlivých výrobních operací a dále následuje časová analýza současného stavu.

Na základě zjištěných výsledků dle popsané metodiky měření v kapitole 3.2.1, byla navržena nová technicko-organizační opatření, při kterých došlo k úspoře 2 operátorů v každé směně při současném zachování produkce výroby a zároveň došlo ke snížení neproduktivních časů oproti výchozímu stavu.

Z ekonomického hlediska byla vyčíslena celková roční úspora v nákladech hodnotou 1 977 500 Kč. Dále došlo ušetřením 2 operátorů ke zvýšení produktivity o 22 % oproti původnímu stavu. Z výsledku vyplývá, že cílů této bakalářské práce bylo dosaženo.

Toto dílčí zlepšení v globálním průmyslovém podniku, kterým firma Škoda Auto a.s. bezesporu je, dává v budoucnosti naději splnit cíle, kterým se tato firma zavázala. Do roku 2018 by se měl prodej vozů Škoda Auto a.s., dostat až na hranici 1 500 000 automobilů, což je ve srovnání s rokem 2010 zdvojnásobení produkce. K nárůstu výroby převodovek by měla přispět také nová převodovka DQ 200, která se bude vyrábět v pobočném závodě Škoda Auto a.s., Vrchlabí v počtu 1000 kusů denně.

V současných tvrdých konkurenčních podmínkách bude tento cíl výroby splnitelný pouze za předpokladu neustálého zvyšování kvality, snižování nákladů a zvyšování produktivity.

LITERATURA A OSTATNÍ ZDROJE INFORMACÍ

- [1] KRÁLÍK, J.: *100 let historie automobilů L&K - Škoda*, 2005 Brno.
- [2] MAŤEJKA, A.: *110 let motorů z Mladá Boleslavi*, Moto Public , 2009 Mladá Boleslav
- [3] ŠKODA Auto a.s., Mladá Boleslav: Intranet VAP ŠKODA AUTO
- [4] ŠKODA Auto a.s., Mladá Boleslav: Škoda 1997 [CD-ROM]. EOI Multimedia Team Škoda, 1997
- [5] GSCHEIDLE, R. a kol.: *Příručka pro automechanika*, Europa-Sobotáles, 2007.688 s. ISBN: 80-86706-17-6
- [6] ŠKODA Auto a.s., Mladá Boleslav: *Dílenská učební pomůcka č.37. Mechanická převodovka 02T a 002*
- [7] ŠKODA Auto a.s., Mladá Boleslav: *Dílenská příručka Fabia, Převodovka 02T*, 2003
- [8] NOVÁK, J., ŠLAMPOVÁ, P.: *Racionalizace výroby*, VŠB – Technická univerzita, Ostrava, 2007
- [9] ŠIMEK, P.: *Racionalizace výroby řadících kol 1. a 2. rychlosti pro převodovku MQ 200 určenou pro vozy koncernu Volkswagen AG*, TUL 2007
- [10] ŠKODA Auto a.s., Mladá Boleslav: *Příručka průmyslového inženýrství*, 2003
- [11] PAVELKA, M.: *Časové studie - Nástroj průmyslového inženýrství*, UTB
- [12] ŠKODA Auto a.s., Mladá Boleslav: *Výrobní systém Škoda (VSS)*, 2009
- [13] <http://www.skoda-auto.cz/>
- [14] <http://mvpict.sosvsetin.cz/>
- [15] <http://jhamernik.sweb.cz/>
- [16] <http://www.hommel-etamic.cz/>
- [17] <http://new.skoda-auto.com/company/>
- [18] <http://www.euroekonom.sk/>

Seznam příloh

- 1) Výrobní postup operace 5 (1 strana)
- 2) Kontrolní plán operace 10 (1 strany)
- 3) Pozorovací list (2 strany)

Seznam použitých obrázků, tabulek a grafů

- Obr. 2.1 Voituretta typu A
- Obr. 2.2 Motor Škoda OHV
- Obr. 2.3 MQ 100
- Obr. 2.4 VW UP
- Obr. 2.5 Plán závodu Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav
- Obr. 2.6 Hala M2 Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav
- Obr. 2.7 Hala M6 Škoda Auto Mladá Boleslav
- Obr. 2.8 Skříň převodovky MQ 200
- Obr. 2.9 Hnací hřídel převodovky MQ 200
- Obr. 2.10 Hnaný hřídel převodovky MQ 200
- Obr. 2.11 Držák ložisek převodovky MQ 200
- Obr. 2.12 Diferenciál převodovky MQ 200
- Obr. 2.13 Modulové skupiny MQ 200
- Obr. 2.14 Řazení převodovky MQ 200
- Obr. 2.15 Operace č. 5 - navrtání
- Obr. 2.16 Operace č. 10 - soustružení
- Obr. 2.17 Operace č. 45 - frézování
- Obr. 2.18 Operace č. 55 - válcování
- Obr. 2.19 Operace č. 60 - vrtání
- Obr. 2.20 Operace č. 70 - ševingování
- Obr. 2.21 Operace č. 72 - mezioperační praní
- Obr. 2.22 Operace č. 130 - broušení zápichů
- Obr. 2.23 Operace č. 135 - broušení průměrů
- Obr. 2.24 Operace č. 141 - lapování
- Obr. 2.25 Operace č. 150 - kontrola ozubení
- Obr. 2.26 Hnaný hřídel určený k montáži
- Obr. 2.27 Kontrolní pracoviště
- Obr. 2.28 Výrobní středisko hnaného hřídele
- Obr. 4.1 Porovnání výchozího a nového stavu op. č. 5+10

Obr. 4.2 Porovnání výchozího a nového stavu op. č. 45+70

Obr. 4.3 Porovnání výchozího a nového stavu op. č. 55+60+72

Obr. 4.4 Výrobní středisko hnaného hřídele - nový stav

Tabulka 2.2 přehled strojů a operací

Tabulka 2.2 Obsazení operací

Tabulka 3.1 Informativní tabulka

Tabulka 4.1 Výsledky časů manipulace

Tabulka 4.2 Výsledky časů měření

Tabulka 4.3 Výsledky časů přecházení

Tabulka 4.4 Výsledky časů čekání

Tabulka 4.5 Výsledky vytížení operátorů

Tabulka 4.6 Nové obsazení výrobního střediska

Tabulka 4.7 Ekonomické zhodnocení

Tabulka 5.1 Výsledky vytížení operátorů po provedených opatřeních

Graf 2.1 Produkce převodovek MQ 200

Graf 3.1 Informativní graf

Graf 4.1 Grafické znázornění vytížení operátorů

Graf 4.2 Vytížení operátorů po opatřeních A

Graf 4.3 Vytížení operátorů po opatřeních B

Graf 4.4 Vytížení operátorů po opatřeních C

Graf 5.1 Vytížení operátorů po provedených opatřeních

Příloha 1 – Výrobní postup operace 5

VÝROBNÍ POSTUP pro závod 31 a verzi 1

Číslo dílu: 02T311205P

Název dílu: PASTOREK

Platnost postupu od: 03.04.2007

Naposledy editováno: 16.05.2008

Strana: 1/1

Číslo operace 5 J

Krok : 0 Takt: 5

Stroje:

AitStroj

Název

Inventární číslo

inv.c. 45996-385 (Lindenmaier)

A inv.c.45966-410 CZ-Brno, CZ Strojárna Strakonice

Stroj na zarovnání a navrtání konce hřídeli

s automatickým nakládáním a vykládáním kusu

se zásobníky pro polotovary a opracované díly.

Krok : 10 Takt: 5

Text

Program:5R

TZ: predkovane prumery 22,012-0,012 a 35,46-0,02,
axialne prava strana koty 151,9-0,1

Výkovek: R 02T 311 205C

Polotovár vložit do zásobníku, automaticky upnout,
opracovat, vyložit.

Frezovat oboustranně čelní plochy na rozměr 242,8-0,1.

Míru od pravého čela k levému celu ozubení dodržet na
48,9+-0,2

Navrtat středici dulek s radiusem R5, prům. 8,85+-0,05
z levé strany do hloubky 9+1,5
Srazení 30° do prům. 17,2+-0,2 hotové.

Navrtat středici dulek s radiusem R5, prům. 8,85+-0,05
z pravé strany do hloubky 9+1,5
Srazení 45° do prům. 25+-0,2 hotové.

KONTROLOVAT: Rozměry a četnost dle KPO.

Opravy:

Postup při provádění oprav: Díly opravit na požadované rozměry
dle KPO po seřízení stroje. Díly opravit před skončením tavyby.

Příloha 2 – Kontrolní plán operace 10

18.2.2011

List č.1 z 2



Dokum. díl

KONTROLNÍ PLÁN OPERACE

**POUŽÍVEJ KALIBROVANÁ
MĚŘIDLA**

UDRŽUJ MĚŘIDLA V ČISTOTĚ

KONTROLUJ ČISTÉ KUSY

četnost měření - počet kusů nebo náměrů po sobě jdoucích

Interval - časový interval mezi jednotlivými měřeními, (v minutách)

platí pro - platí pro vypsání díly

seřízení kontrolního přístroje - při zahájení práce a před každým měřením (pokud není interval uveden u nastavovacího kusu)

záznam - způsob zápisu do kontrolních karet
0 bez zápisu, *A* atributivní znak (pevná měřidla),
V variabilní znak (číslcová měřidla), *RK* regulační karta,
SPC karta SPC, *SK* sledovací karta dílu, *FD* disketa
 Na pracovišti uchovávat 1. kus dle směrnice 15.VA.04

Číslo dílu : 02T 311 205 B,D,E,F,AG,AD,AK,M,H,P,AN,AJ,AQ,AP				Číslo operace :		10	Středisko :		2142
Č. ROZ	VÝROBCE	DRUH	ROZMĚR	ČET. MĚŘ.	INTERVAL	ZÁZNAM	PLATÍ PRO	POZNÁMKA	
2	1-86-20230-4	TR. KALIBR	Ø52,6-0,15	1	90	0	205 B		
3		DIG. MIKROMETR	Ø57,35-0,15	1	90	0	205 P		
3		DIG. MIKROMETR	Ø50,0-0,15	1	90	0	205E AD		
3		DIG. MIKROMETR	Ø47,85-0,15	1	90	0	205 F M		
3		DIG. MIKROMETR	Ø52,4-0,15	1	90	0	205 AK		
3		DIG. MIKROMETR	Ø54,7-0,15	1	90	0	205 D		
3		DIG. MIKROMETR	Ø55,45-0,15	1	90	0	205 AP AQ		
3		DIG. MIKROMETR	Ø47,85-0,15	1	90	0	205 AG		
3		DIG. MIKROMETR	Ø45,2-0,15	1	90	0	205 H		
3		DIG. MIKROMETR	Ø49,05-0,15	1	90	0	205 AN AJ		
8		DIG. POSUVKA	Ø33-0,2	1	90	0			
9	1-NM-86-1770	Třmen kalibr	Záhlch R1 do Ø31,4-0,2	1	90	0	205 B,D,E,F,AP		
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø27,3 h9/0;-0,052/	1	90	0			
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø30,8 h8/0;-0,039/	1	90	0			
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø32,3 h9/0;-0,062/	1	90	0			
22	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø26,3-0,1	1	90	0			
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø28,785 ±0,015/pro II.	3	60	SPC	205AG M,AD,AK,P,AN,AJ,AQ		
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø28,785 ±0,015/pro II.	1	15	0			
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø19,08 ±0,015/pro I.	3	60	SPC			
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø19,08 ±0,015/pro I.	1	15	0			
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø34,84 ±0,015 / pro III.	1	90	0			
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø34,84 ±0,015 / pro IV.	3	60	SPC			
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø34,84 ±0,015 / pro IV.	1	15	0			
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	Ø22,3 h9/0;-0,052/	1	90	0			
13	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	házení max. 0,04 /Ø30,8h8	1	90	0			
1	1-16-8355-1	EL. KONTR. PŘÍSTROJ	ax. délky: 179,5-0,1/20,65-0,1/199,2-0,1/75,35-0,05	1	90	0			
13	1-NM-85-2079	NAST. KUS.	151,95-0,1/25,4+0,05/48,25+0,05	1	90	0	205AG,AD,AK,M,P,AN,AJ,AQ		
13	1-NM-85-2223	NAST. KUS.		1	90	0	205B,D,E,F,H,AP		

NM-výškoměr

Příloha 3 – Pozorovací list 1/2

Pozorovací list			
Datum	3.11.2010	HEŘMAN	Legenda činností Č - čekání MŘ - měření P - přecházení M - manipulace
Čas	7-10 L		
Operace	x 5		
Náměr	x 1		
Číslo formuláře	1		
Strana formuláře	1/2		
Čas	Činnost	Čas	Činnost
0:00	M	59:42	P
0:45	MŘ	59:51	M
2:32	M	61:23	Č
4:40	Č	63:50	M
6:53	P	65:10	Č
7:05	Č	67:52	M
9:28	M	69:15	P
11:42	Č	72:01	Č
14:02	P	73:25	M
14:09	Č	75:42	Č
15:03	M	76:10	M
16:23	Č	78:42	Č
17:15	M	80:10	M
19:42	P	82:00	M
20:58	M	83:51	P
24:01	P	84:42	Č
24:15	Č	87:26	M
26:28	M	88:15	MŘ
29:32	MŘ	92:42	Č
33:05	P	95:15	P
33:17	Č	96:42	M
35:42	MŘ	98:42	MŘ
37:05	Č	102:11	P
38:25	M	104:05	M
41:05	Č	107:54	Č
44:17	P	110:50	P
44:29	Č	112:10	Č
46:28	M	113:53	M
51:58	MŘ	114:24	Č
52:32	P	117:05	P
56:28	Č	120:10	M
57:25	MŘ	122:26	MŘ

Příloha 3 – Pozorovací list 2/2

Pozorovací list			
Datum	3.11. 2011	HERMANN	Legenda činností Č - čekání MŘ - měření P - přecházení M - manipulace
Čas	7-10 L		
Operace	x 5		
Náměr	x 1		
Číslo formuláře	1		
Strana formuláře	2/2		
Čas	Činnost	Čas	Činnost
124:26	Č		
127:0	P		
128:50	M		
131:20	Č		
133:10	M		
135:20	P		
136:01	M		
138:32	P		
139:42	Č		
140:0	MŘ		
142:35	P		
145:25	Č		
148:00	M		
150:25	P		
152:10	Č		
153:28	MŘ		
155:29	Č		
157:23	M		
159:10	Č		
161:30	M		
163:58	P		
165:02	M		
167:25	MŘ		
168:10	P		
170:28	Č		
173:42	M		
176:05	Č		
177:18	M		
180:0	Č		